

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування**

«На правах рукопису»  
УДК \_\_\_\_\_

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ О.В. Гондлях

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## **Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**зі спеціальності 131 – Прикладна механіка**

**на тему: «Лінія пакування алебастру в полімерні мішки з модернізацією дозувально-фасувальної машини»**

Виконав:

студент 2 курсу, групи ЛУ-71мп

Кириленко Микола Сергійович

\_\_\_\_\_

Керівник:

доц. каф. ХПСМ Васильченко Г.М.

\_\_\_\_\_

Консультант з розділу модернізація:

доц. каф. ХПСМ, д.т.н. Щербина В.Ю.

\_\_\_\_\_

Консультант з розділу технологія монтажу та експлуатації:

ст.викл. каф. ХПСМ Борщик С.О.

\_\_\_\_\_

Консультант з розділу механотроніка:

доц. каф. гідравліки і механотроніки, к.т.н. Левченко О.В.

\_\_\_\_\_

Рецензент:

\_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент

\_\_\_\_\_

Київ – 2018 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 131 – Прикладна механіка

Спеціалізація – Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання пакування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ О.В.Гондлях

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**  
**Кириленку Миколі Сергійовичу**

1. Тема дисертації «Лінія пакування алебастру в полімерні мішки з модернізацією дозувально-фасувальної машини», науковий керівник дисертації доц. каф. ХПСМ Васильченко Г.М., затверджені наказом по університету від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом дисертації \_\_\_\_\_

3. Об'єкт дослідження: лінія пакування алебастру

4. Вихідні дані: Час фасування мішка 50 кг: 10 – 40 с ;продуктивність: 25 – 88 м<sup>3</sup>/год; кількість обертів шнека 40 – 147 об/хв; діаметр шнека – 250 мм; Похибка дозування матеріалу в мішок: ±1,5; потужність двигуна: 2,5 – 5,5 Вт; напруга мережі: 380 В.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Пояснювальна записка містить текстові частини: «Пояснювальна записка», «Розрахунки», «Технологія монтажу та експлуатації» та «Механотроніка». ПЗ включає такі розділи: «Зміст», «Вступ», «Призначення та галузь застосування лінії», «Технічні характеристики базової машини», «Опис базової конструкції, її основних частин та принципу дії», «Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації», «Охорона праці та навколишнього середовища», «Розробка стартап-проекту», «Висновки», «Перелік посилань».

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: \_\_\_\_\_  
 Лист 1. Лінія пакування алебастру в полімерні мішки. А1 \_\_\_\_\_  
 Лист 2. Дозувально-фасувальна машина. А1 \_\_\_\_\_  
 Лист 3. Підформовщик А1 \_\_\_\_\_  
 Лист 4. Палетоукладчик. А1 \_\_\_\_\_  
 Лист 5. Дозувально-фасувальна машина (модернізація). А1 \_\_\_\_\_  
 Лист 6. Шнековий живильник (модернізація). А1 \_\_\_\_\_  
 Лист 7. Лінія пакування алебастру в полімерні мішки. Механотроніка. А1 \_\_\_\_\_  
 Лист 8. Розрахунок стрижня в ANSYS. А1 \_\_\_\_\_

7. Орієнтовний перелік публікацій: тези на VIII Всеукраїнську науково-практичну конференцію «Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки» (13-14 грудня 2018р.)

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Модернізація	Щербина В.Ю., доцент каф. ХПСМ		
Технологія монтажу та експлуатації	Борщик С.О., ст. викл. каф. ХПСМ		
Механотроніка	Левченко О.В., доцент каф. гідравліки і механотроніки		

9. Дата видачі завдання: 31.08.2018

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Отримання завдання для магістерської дисертації	31.08.2018	виконано
2	Проходження переддипломної практики	03.09-28.10.2018	виконано
3	Здійснення пошуку патентів	29.10-04.11.2018	виконано
4	Обґрунтування модернізації	05.11-11.11.2018	виконано
5	Виконання розділу «Пояснювальна записка»	12.11-18.11.2018	виконано
6	Виконання розділу «Розрахунки»	19.11-25.11.2018	виконано
7	Виконання розділу «Технологія монтажу та експлуатації»	26.11-02.12.2018	виконано
8	Виконання розділу «Механотроніка»	03.12-09.12.2018	виконано
9	Побудова креслень в графічному редакторі «AutoCad»	10.12-16.12.2018	виконано
10	Здача магістерської дисертації	18.12.2018	

Студент

Кириленко М.С.

Науковий керівник дисертації

Васильченко Г.М.

## РЕФЕРАТ

Лінія пакування алебастру в полімерні мішки з модернізацією дозувально-фасувальної машини: магістерська дисертація – другий вищий рівень освіти за освітньо-професійною програмою зі спеціальності «Прикладна механіка», гр. ЛУ-71мп, ІХФ Кириленко М.С., науковий керівник доц. Васильченко Г.М.

Магістерська дисертація містить: сторінок загального тексту, 8 креслень формату А1, ілюстрації, таблиць, джерел інформації. Метою проекту є удосконалення дозувально-фасувальної машини. В результаті проведеної модернізації забезпечується покращення якості усунення склепін з бункера, спрощення конструкції, зниження енерговитрат та час обслуговування машини.

В магістерській дисертації розроблені розділи: механотроніка, стартап-проект і оцінка техніко-економічних показників модернізації, охорона праці та навколишнього середовища, технології монтажу та експлуатації, виконано параметричні та теплові розрахунки, розрахунки на міцність а також розрахунки що підтверджують працездатність. Креслення були зроблені за допомогою програми КОМПАС, розрахунки – за допомогою Ansys. До складальних креслень додаються специфікації. Наведено список використаної літератури.

Ключові слова:

ЛІНІЯ ПАКУВАННЯ, МОДЕРНІЗАЦІЯ, РОЗРАХУНКИ, ДОЗУВАННЯ, АЛЕБАСТР, ПОЛІМЕРНІ МІШКИ, ДОЗУВАЛЬНО-ФАСУВАЛЬНА МАШИНА, ШНЕКОВИЙ ЖИВИЛЬНИК

## РЕФЕРАТ

Линия упаковки алебаstra в полимерные мешки с модернизацией фасовочной машины: магистерская диссертация – второй высокий уровень образования по образовательно-профессиональной программе по специальности «Прикладная механика», гр. ЛУ-71мп, ИХФ Кириленко М.С., научный руководитель доц. Васильченко Г.М.

Магистерская диссертация содержит страниц общего текста, 8 чертежей формата А1, иллюстрации, таблицы, источников информации. Целью проекта является усовершенствование фасовочной машины. В результате проведенной модернизации обеспечивается улучшение качества устранения сводов из бункера, упрощение конструкции, снижение энергозатрат и обслуживания машины.

В магистерской диссертации разработаны разделы: механотроника, стартап-проект и оценка технико-экономических показателей модернизации, охрана труда и окружающей среды, технологии монтажа и эксплуатации, выполнены параметрические и тепловые расчеты, расчеты на прочность а также расчеты подтверждающие работоспособность. Чертежи были сделаны с помощью программы КОМПАС, расчеты - с помощью Ansys. К сборочным чертежам добавляются спецификации. Приведен список использованной литературы.

Ключевые слова:

ЛИНИЯ УПАКОВКИ, МОДЕРНИЗАЦИЯ, РАСЧЕТЫ, ДОЗИРОВАНИЕ, АЛЕБАСТР, ПОЛИМЕРНЫЕ МЕШКИ, ФАСОВОЧНАЯ МАШИНА, ШНЕКОВЫЙ ПИТАТЕЛЬ

## **ABSTRACT**

Alabaster packing line in polymer bags with modernization of the filling machine: master's thesis - the second high level of education in the educational and professional program in the specialty “Applied mechanics”, gr. LU-71mp, ICF Kyrylenko M.S., supervisor Assoc. Vasilchenko G.M.

The master thesis contains     pages of general text, 8 drawings of A1 format, illustrations,     tables,     sources of information. The aim of the project is to improve the filling machine. As a result of the modernization, the quality of eliminating the arches from the bunker, simplifying the design, reducing energy consumption and servicing the machine is ensured.

In the master's thesis, the following sections were developed: mechatronic, start-up project and evaluation of technical and economic indicators of modernization, labor and environmental protection, technology of installation and operation, parametric and thermal calculations, strength calculations and calculations confirming the performance. The drawings were made using the KOMPAS program, calculations - with the help of Ansys. Specifications are added to the assembly drawings. The list of references is given.

Key words:

PACKAGING LINE, MODERNIZATION, CALCULATIONS, DOSING, ALEBASTER, POLYMER BAGS, FILLING MACHINE, AUGER FEEDER

### Перелік умовних позначень

$D$  – діаметр шнека;

$d$  – діаметр осердя;

$L$  – довжина шнека;

$d_0$  – внутрішній діаметр витка шнека;

$n$  – частота обертання шнека;

$N$  – потужність;

$Q$  – кількість теплоти;

$c$  – питома теплоємність;

$S$  – крок гвинта;

$\psi$  - коефіцієнт заповнення корпусу;

$\Pi$  – продуктивність;

## ЗМІСТ

Вступ.....	
1 Призначення та галузь застосування лінії пакування алебастру в полімерні мішки .....	
2 Технічна характеристика дозувально-фасувальної машини .....	
3 Опис лінії пакування алебастру в полімерні мішки.....	
3.1 Опис конструкції та принцип дії дозувально-фасувальної машини .....	
4 Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування модернізованої лінії пакування алебастру в полімерні мішки .....	
4.1 Патентно-літературний огляд конструкцій лінії пакування алебастру в полімерні мішки.....	
4.2 Обґрунтування обраних модернізацій .....	
5 Охорона праці та навколишнього середовища .....	
5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів.....	
5.2 Повітря робочої зони.....	
5.3 Виробничий шум.....	
5.4 Вібрація.....	
5.5 Промислове освітлення.....	
5.6 Електробезпека .....	
5.7 Боротьба з надзвичайними ситуаціями на виробництві .....	
6 Розробка стартап-проекту .....	
7. Механотроніка .....	
7.1 Опис роботи лінії пакування алебастру в полімерні мішки.....	
7.2 Розгляд функціональних модулів .....	
7.3 Виконання розробки логіки.....	
Висновки .....	
Перелік посилань .....	



## ВСТУП

Технологія промислового виробництва в даний час набуває першорядного значення у прискоренні прогресу в науці і техніці. У даній роботі описується технологія пакування алебастру в полімерні мішки - одного з видів будівельних матеріалів, який в даний час набув широкого поширення.

Основними характеристиками продукту, який фасуватиметься є різновид упакуваного продукту, його консистенція і фізичний стан, маса, технологія обробки, умови і терміни зберігання і реалізації. Найчастіше сипкі продукти фасують і упаковують в декілька видів тари: паперову, поліпропіленову, тканинну.

Алебастр володіє невеликою щільністю, що дає можливість використовувати його не тільки при будівництві, але і для ремонтних робіт. Суміш володіє відмінними вогнетривкими властивостями, її важко підпалити. Ще один великий плюс матеріалу - шумоізоляція. Крім того, він абсолютно безпечний для здоров'я людини.

Пакування алебастру в полімерні мішки використовується завдяки тому що вони володіють більш високою ударною в'язкістю і міцністю в порівнянні з іншими типами мішків.

Лінія для фасування є напіваавтоматичною та цілодобовою.

## **1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЛІНІЇ ПАКУВАННЯ АЛЕБАСТРУ В ПОЛІМЕРНІ МІШКИ**

Лінія пакування алебастру в полімерні мішки складається наступних машин : дозувально-фасувальна машина, автомат подачі мішків, конвеєри, підформовщик, палетоукладчик та палетообмотчик. Пакування алебастру відноситься до будівельної промисловості.

Алебастр - м'який матеріал білого кольору, який може застосовуватися для великої кількості будівельних робіт. Він має хороші технологічні характеристики. В першу чергу, до них варто віднести майже миттєве затвердіння будівельного матеріалу при його контакті з водою.

Основні переваги мішків з полімерних матеріалів полягають в їх вологостійкості, що особливо важливо для зберігання в них продукції на відкритих майданчиках, а також в стійкості до впливу різних кислот та інших хімічних речовин.

## 2. Технічні характеристики дозувально-фасувальної машини

Технічна характеристика лінії пакування алебастру в полімерні мішки в першу чергу залежить від технічної характеристики дозувально-фасувальної машини. Технічна характеристика дозувально-фасувальної машини представлена в таблиці 2.1

Таблиця 2.1

№	Параметри	Значення
1	Час фасування мішка 50 кг	10 – 40 с
2	Продуктивність	25 – 88 м <sup>3</sup> /год
3	Кількість обертів шнека	40 – 147 об/хв
4	Діаметр шнека	250 мм
5	Похибка дозування матеріалу в мішок	±1,5
6	Потужність двигуна	2,2 – 5,5 Вт
7	Напруга	380 В

### 3 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ ПАКУВАННЯ АЛЕБАСТРУ В ПОЛІМЕРНІ МІШКИ

Алебастр – м'який матеріал білого кольору, різновид гіпсу, використовується в будівництві та для створення скульптур. Для пакування алебастру найбільше підходять полімерні мішки тому, що вони вологостійкі, що особливо важливо для зберігання в них продукції на відкритих майданчиках, а також стійкі до впливу різних кислот та інших хімічних речовин. Полімерні мішки володіють більш високою ударною в'язкістю і міцністю. Лінія пакування алебастру в полімерні мішки представлена на рисунку 3.1.

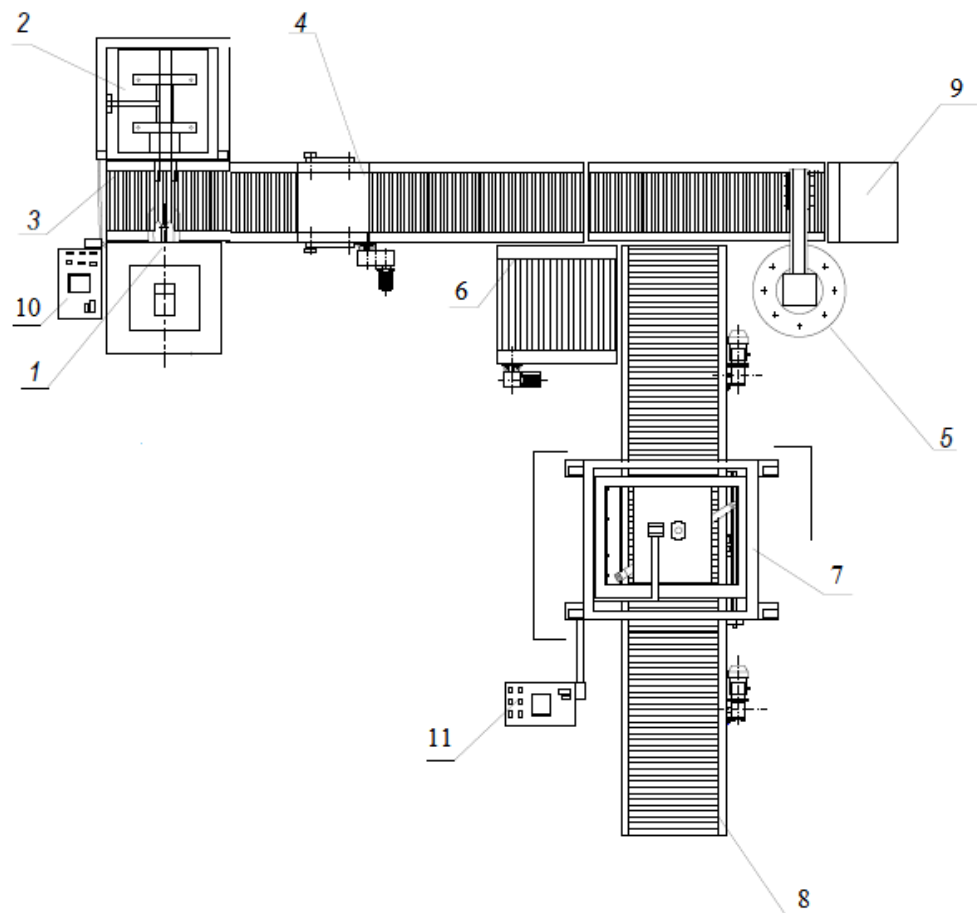


Рисунок 3.1 – Лінія пакування алебастру в полімерні мішки

1 - машина фасувальна; 2 – автомат подачі мішків; 3 – роликовий конвеєр; 4 – ущільнювач; 5 – палетоукладчик; 6 – автомат подачі палет;

7 – палетообмотчик; 8 – роликовий конвеєр для палет; 9 – лоток для пошкоджених мішків; 10 – пульт керування палетообмотчиком; 11 – пульт керування дозувально-фасувальною машиною.

Технологічна лінія пакування алебастру в полімерні мішки працює наступним чином: матеріал надходить до фасувальної машини 1, де відбувається дозування в мішок, який подається автоматом подачі мішків 2 та кріпиться до вихідного патрубку фасувальної машини. Мішок роликовим конвеєром 3 рухається до ущільнювача 4 після чого мішки надходять конвеєром до палетоукладчика 5, де відбувається переміщення мішків в палету, яка надходить з автомата подачі палет 6. Роликовим конвеєром для палет 8 продукція надходить до палетообмотчика 7 та відвозиться на склад. Керування палетообмотчиком та дозувально-фасувальною машиною відбувається пультами 10 та 11 відповідно.

### **3.1 Опис дозувально-фасувальної машини**

Дозувально-фасувальна машина є основною в лінії пакування алебастру в полімерні мішки. Її призначення полягає в дозуванні матеріалу в мішки. Дозувально-фасувальну машину представлено на рисунку 1.2.

Сипучий матеріал потрапляє в завантажувальний бункер 1 і під дією обертової частини бункера 3, який приводиться в обертовий рух електродвигуном 11 і периферичним колесом 2, підтримується в сипучому стані.

Кришка 4 обертається разом з колесом 2 і тримає на собі втулку 6, від обертання якої приводиться в дію механізм для вібрації 5, встановлений на вхідному патрубку 7 з метою недопускання утворення склепінь. Оброблений обертовою частиною бункера сипучий матеріал через нижню частину бункера 1 потрапляє в шнековий живильник 9 і транспортується до вихідного

патрубки живильника, на якому за допомогою механізму зажиму мішків 8 кріпиться мішок.

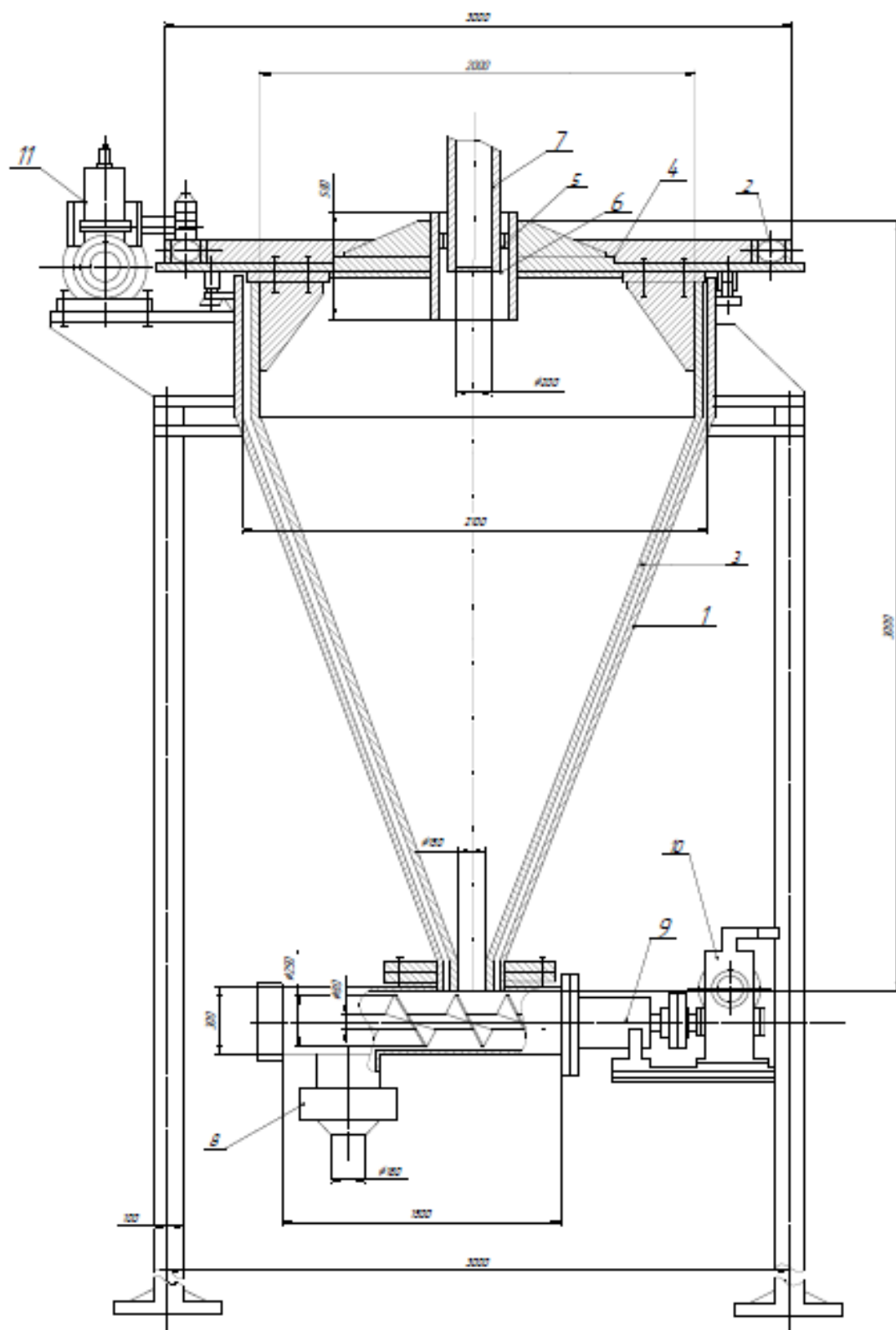


Рисунок 1.1 Дозувально-фасувальна машина

1 – корпус; 2 – колесо; 3 – обертова частина бункера; 4 – кришка; 5 – механізм вібрації; 6 – втулка; 7 – вхідний патрубок; 8 – механізм зажиму мішків; 9 – шнековий живильник; 10 – електродвигун живильника; 11 – електродвигун.

#### **4 ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ, ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗОВАНОЇ ЛІНІЇ ПАКУВАННЯ АЛЕБАСТРУ В ПОЛІМЕРНІ МІШКИ**

Під час розробки дипломного проекту було проведено огляд технічної літератури з метою аналізу конструкцій і принципу дії машин які входять до складу технологічної лінії пакування алебастру в полімерні мішки, дослідження їх переваг і недоліків.

Для модернізації була обрана дозувально-фасувальна машина, оскільки вона є основною і саме її модернізація найбільше вплине на роботу всієї лінії.

В результаті аналізу конструкції даної машини стало відомо, що базова конструкція машини має ряд недоліків, серед яких можна виділити наступні:

- для усунення склепінь матеріалу в бункері, дозувально-фасувальна машина обладнана механізмом вібрації та розпушення матеріалу які тримаються на кришці корпусу бункера.
- незручність у видаленні залишків матеріалу після закінчення процесу дозування та ремонтних робіт.

Вищевказані недоліки призводять до збільшення габаритних розмірів машини, складності конструкції, значних енерговитрат та недостатньої якості усунення склепінь, що знижує ефективність використання дозувально-фасувальної машини. Також багато часу використовується для технічного обслуговування машини.

##### **4.1 Патентно-літературний огляд конструкцій лінії пакування алебастру в полімерні мішки**

Для усунення вищевказаних недоліків мною було проведено патентний



пошук.

В основу корисної моделі патенту [4] покладена задача створення пристрою, що забезпечує безперебійне і рівномірне дозування порошкових матеріалів різної насипної щільності та обсягу, що поєднує конструктивну простоту, експлуатаційну надійність і зниження енерговитрат.

Поставлена задача вирішується тим, що всередині корпусу дозувально-фасувальної машини встановлено рухомий пристрій, виконаний у вигляді пружного стержня, який шарнірно закріплений у верхній частині корпусу (рис. 4.1). Нижня частина стержня введена всередину гвинтового зазору шнека і притиснута до бічної поверхні патрубку вивантаження, а в своїй верхній частині з'єднаний з натяжним пристроєм, виконаним у вигляді пружини, інший кінець якої з'єднаний з валом, рухливо закріпленим в опорах додатково введеного корпусу, пов'язаного з верхньою частиною корпусу бункера-живильника, причому вал має зовнішню різьбову поверхню, пов'язану з внутрішньою різьбовою поверхнею однієї з шестерень, яка розташована в додатково введеному корпусі, при цьому друга шестерня жорстко закріплена на валу реверсивного електродвигуна. В одному напрямку стержень рухається за рахунок зачеплення за шнек, а в зворотньому за допомогою пружини.

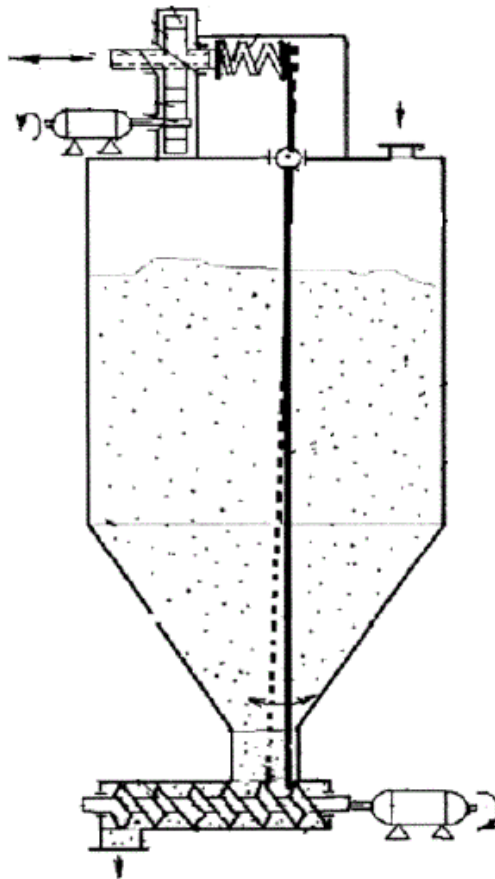


Рисунок – 4.1 Загальний вигляд дозувально-фасувальної машини

В основі корисної моделі патенту [5] є забезпечення розвантаження залишків сипучих матеріалів з шнекового живильника без розбирання з'єднувального елемента між вивантажувальним люком шнекового живильника і завантажувальним люком апарату.

Поставлена задача вирішується тим, що вал зі шнеком виконаний з можливістю реверсивного обертання і забезпечений з обох сторін відбійними лопатями, що мають в перетині форму трикутника, а корпус живильника забезпечений розвантажувальним люком, виконаним з протилежного боку від вигрузочного люка, при цьому розвантажувальний люк забезпечений кришкою, яка виконана урівень з внутрішньою поверхнею корпусу живильника (рис. 4.2).

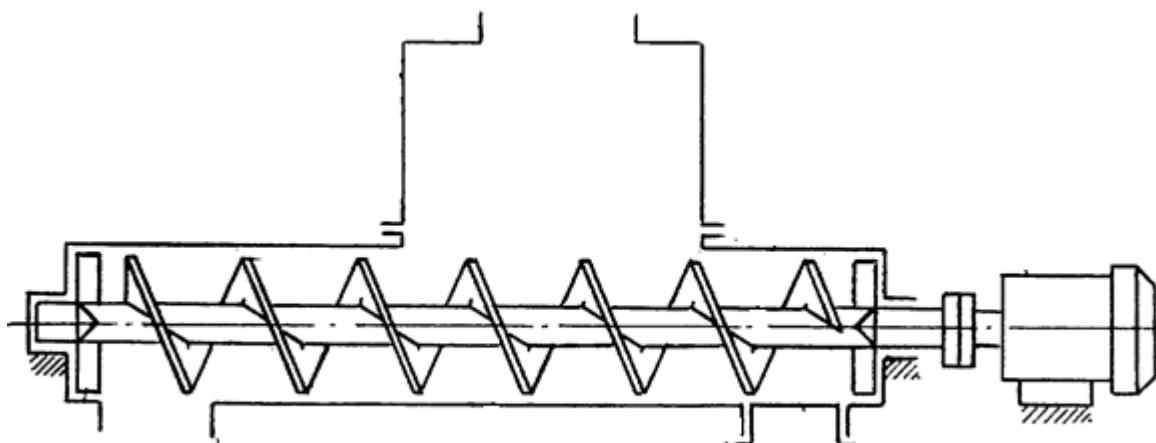


Рисунок – 4.2 Шнековий живильник

Корисна модель патенту [6] відноситься до пристроїв для дозування сипких продуктів і може бути використана в харчовій, хімічній та інших галузях промисловості.

Модернізація машини полягає в тому, що шнековий дозатор додатково забезпечений пневмоімпульсним пристроєм, закріпленим на кришці завантажувального бункера і включає в себе ствол, виконаний у вигляді порожнистої труби, один зріз якого знаходиться всередині завантажувального бункера і спрямований до центральної його осі на лопаті шнека таким чином, що сам стовбур розміщений по дотичній до стінки бункера уздовж твірної конуса його конічного днища, а інший зріз стовбура знаходиться зовні бункера і з'єднаний з швидкодіючим затвором з ресивером (рис. 4.3). Таке рішення дозволяє підвищити точність дозування і спростити конструкцію.

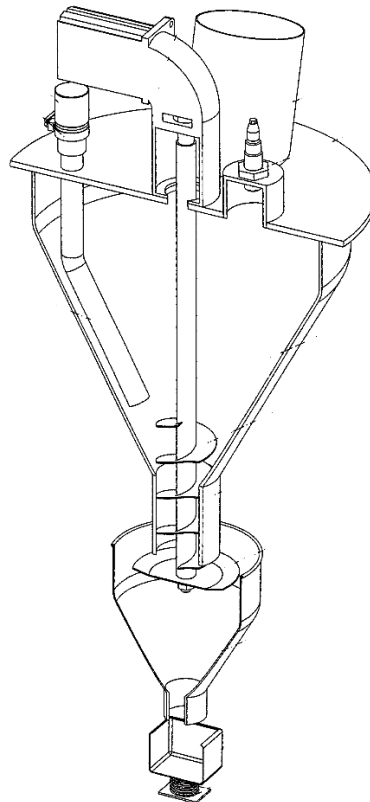


Рисунок - 4.3 Шнековий дозатор

Метою винаходу патенту [7] є створення бункера-живильника для порошкоподібних матеріалів, схильних до утворення склепінь, утворення каналів, що мають підвищену адгезійну здатність, що забезпечує дозовану подачу вивантажувальних матеріалів, знижені енерговитрати, зменшений знос робочих елементів усунення склепінь елементів.

Бункер-живильник для порошкоподібних матеріалів, схильних до утворення склепінь, утворення каналів, що містить циліндричний корпус з нижньої конусної частиною і верхньою кришкою, патрубок завантаження і патрубок вивантаження, сполученим з розвантажувальним пристроєм. Виконаним у вигляді шнека з електродвигуном, центрально розташованим валом, закріпленим своєю верхньою частиною в підшипниковому вузлі, який відрізняється тим, що вал виконаний з можливістю вертикального зворотно-поступального переміщення. Його верхній кінець з'єднаний через підшипниковий вузол з корпусом механізму зворотно-поступального

переміщення, виконаного у вигляді рейкового механізму, що приводиться в рух реверсивним приводом. Причому верхній кінець вала забезпечений ковзною муфтою, яка з'єднана, з валом електродвигуна регульованої частоти обертання. Його нижній, вільний кінець, шарнірно з'єднаний з двома або кількома елементами усунення склепінь, розташованими асиметрично щодо вертикальної осі вала.

Крім того, до складу пристрою входить керуючий робочими параметрами приводів зворотно-поступального і обертального руху мікропроцесор, вхідна лінія якого пов'язана з датчиком споживаної потужності, вихідний сигнал якого безпосередньо або непрямым чином пов'язаний з концентрацією дозувального порошкоподібного матеріалу в розвантажувальному пристрої, а вихідні керуючі лінії з'єднані з керуючими пристроями приводів зворотно-поступального і обертального руху.

Корисна модель патенту [8] відноситься до пристроїв, які використовуються для безперервного дозування трудно сипучих.

Дозатор сипучих матеріалів, що містить завантажувальний бункер, обертовий диск, направляючий конус, циліндричний корпус з вивантажувальною горловиною і електродвигун, який відрізняється тим, що дозатор додатково обладнаний пристроєм для руйнування склепінь. Виконаним у вигляді гвинтової спіралі з навивкою, зворотною напрямку руху сипучого матеріалу, і розташованим у внутрішньому стакані регульовального пристрою, а також пристроєм для регулювання продуктивності, виконаним у вигляді двох телескопічних стаканів з можливістю регульованого зворотнопоступального переміщення (рис. 4.4).

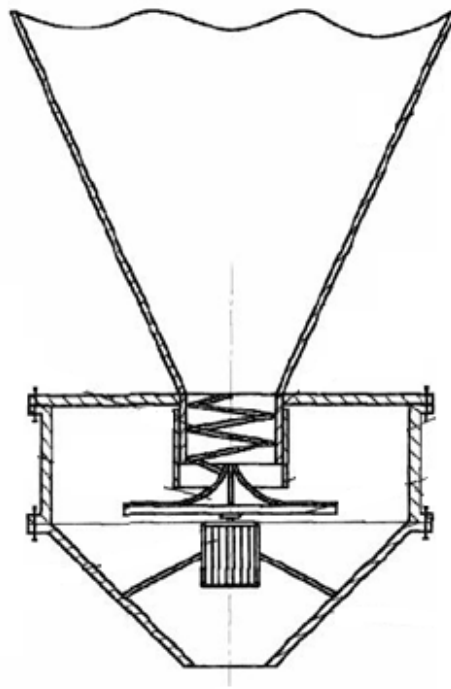


Рисунок 4.4 Пристрій для дозування

Корисна модель патенту [9] належить до машинобудування і може використовуватись при виготовленні гвинтових заготовок і деталей транспортно-технологічних систем з розширеними технологічними можливостями.

Відомі конструкції шнеків з еластичною навивкою, у яких після навивання та калібрування спіралей здійснюється кріплення периферійних еластичних накладок (рис.4.5).

Недоліком таких конструкцій шнеків з еластичною навивкою є складність його виготовлення та сам процес кріплення еластичних пластин до периферійної поверхні гвинтового ребра.

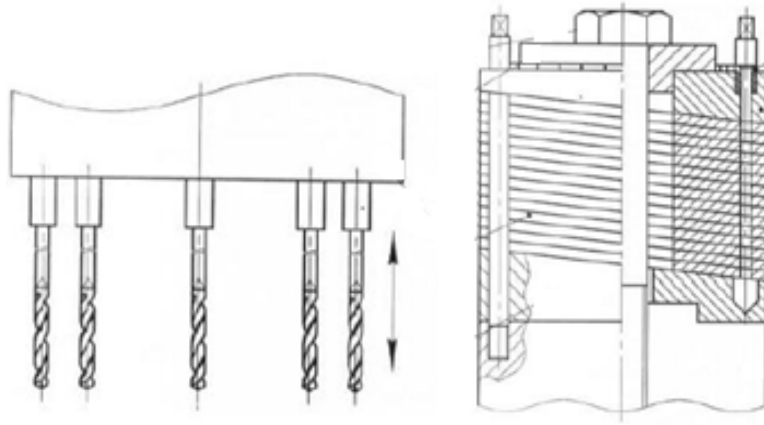


Рисунок 4.5 Кріплення еластичних накладок

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення способу виготовлення шнека з еластичною гвинтовою поверхнею шляхом стискання спіралі із смуги відомими способами та одночасного свердління отворів для кріплення еластичних накладок, що дозволяє значно спростити процес виготовлення шнека та кріплення еластичних накладок.

Корисна модель патенту [10] належить до обладнання для дозування сипучих матеріалів і може знайти застосування при пакуванні сипучих матеріалів в мішки або іншу тару.

В основу корисної моделі поставлена задача розробити дозатор сипучих матеріалів, який забезпечує високу швидкість і точність дозування.

Згідно з корисною моделлю ця задача вирішується тим, що шнековий живильник має другий шнек, який зв'язаний з приводом і також установлений з можливістю регулювання його швидкості обертання за командою з блока керування (рис. 4.6).

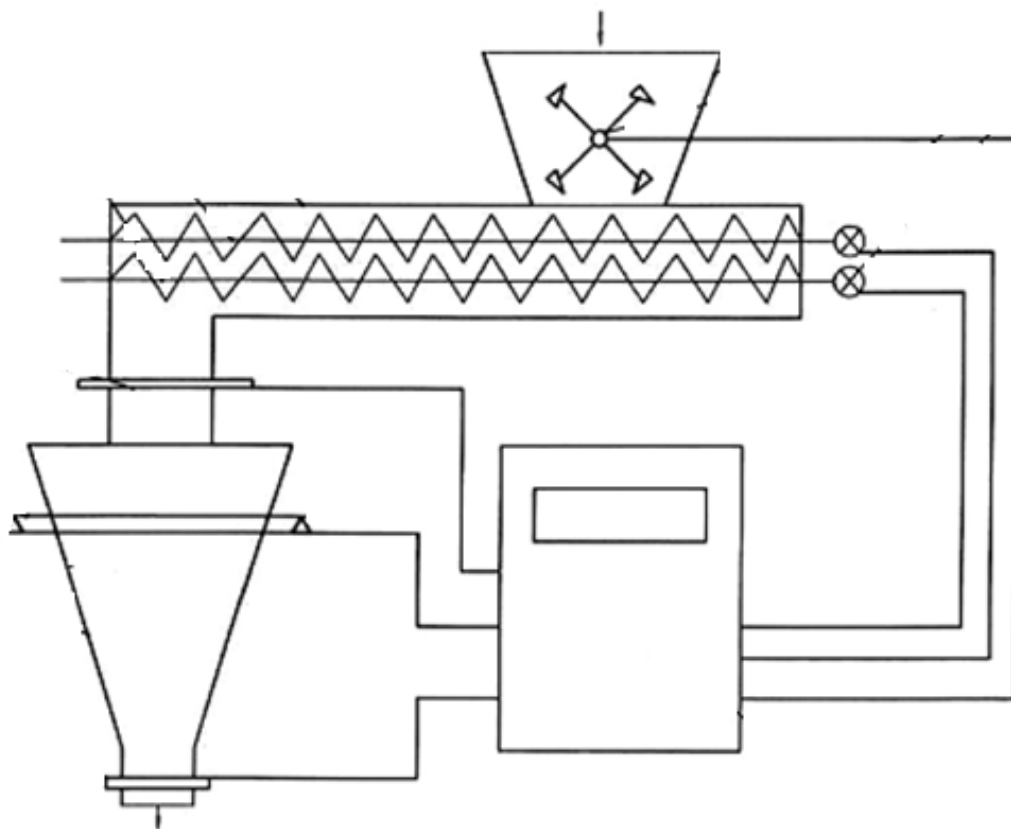


Рисунок – 4.6 Схема шнекового живильника

Корисна модель патенту [11] належить до техніки контрольованого відбору дрібнодисперсних твердих речовин і може бути використана, зокрема для дозованої подачі хлориду натрію в генератор аерозолю для галотерапії.

Контрольовану подачу матеріалу здійснювали шляхом неперервного або дискретного обертання шнеку із заданою швидкістю. Забезпечення герметизації системи бункер-канал-приймач дозованою матеріалу запобігає неконтрольованому перенесенню матеріалу при роботі подрібнювача генератора аерозолю.

Таким чином, запропонована конструкція дозатора сипучих матеріалів забезпечує контрольовану подачу матеріалу, особливо при необхідності дозувати незначні кількості матеріалу (рис.4.7).



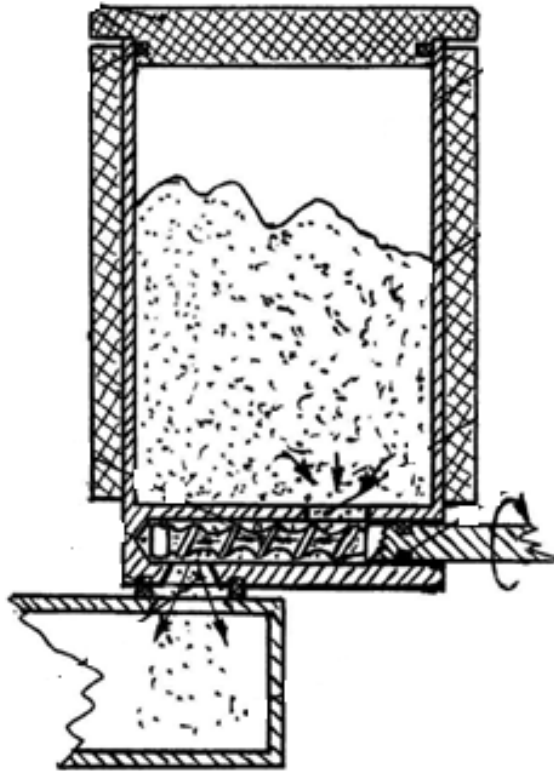


Рисунок 4.7 Дозатор сипучих матеріалів

Пристрій для автоматичного розкриття, утримання та закриття мішків [12], що містить вакуумний захоплення, закріплений на важелі, змонтованому на валу, і завантажувальний патрубок, встановлені на рамі, що відрізняється тим, що пристрій забезпечено захватним механізмом для утримання мішків, що складається з двох пневматичних мініциліндрів і важільних ланок, попарно з'єднаних шарнірами, заодно з якими встановлені захоплення у вигляді пальців (рис.4.8).

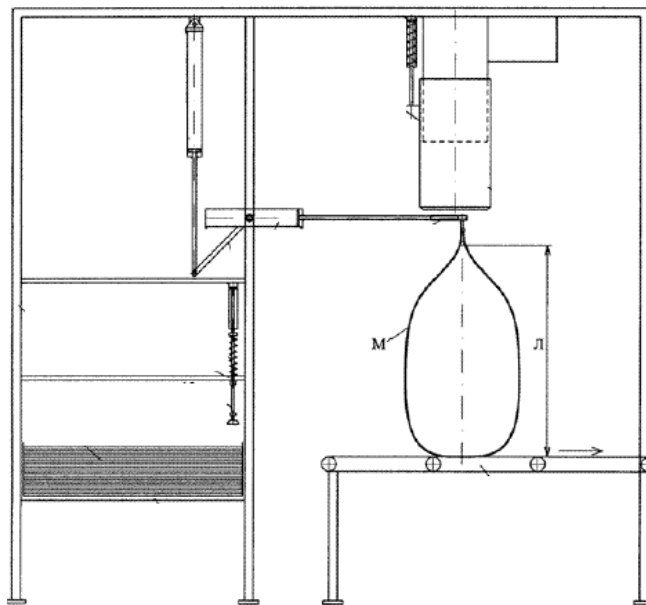


Рисунок 4.8 – Автомат подачі мішків

Це дозволяє розкривати і утримувати мішок при наповненні, а після розтягувати горловину мішка в лінію для прошивки, що створює умови для комплексної автоматизації процесу фасування сипучих матеріалів у мішки. При цьому підвищується надійність пристрою, так як захоплення, розкриття і утримання мішка при наповненні здійснюється пальцями захоплюючого механізму з внутрішньої сторони мішка.

Завданням корисної моделі патенту [13] є розроблення більш спрощеної конструкції формувача палет з мішків із сипучим матеріалом, зокрема, поліпшення масо-габаритних характеристик виробу, шляхом нового виконання елементів пристрою та їх зв'язків.

Поставлене завдання вирішується за рахунок того, що формувач палет, додатково містить масо-ексцентриковий вібратор, для приведення у вібрацію рухомого дна, яке за допомогою амортизаторів встановлене на нерухомій станині, при цьому вертикальні стінки зазначеного корпусу встановлені на рухомому дні з можливістю їх відхилення назовні (рис.4.9).

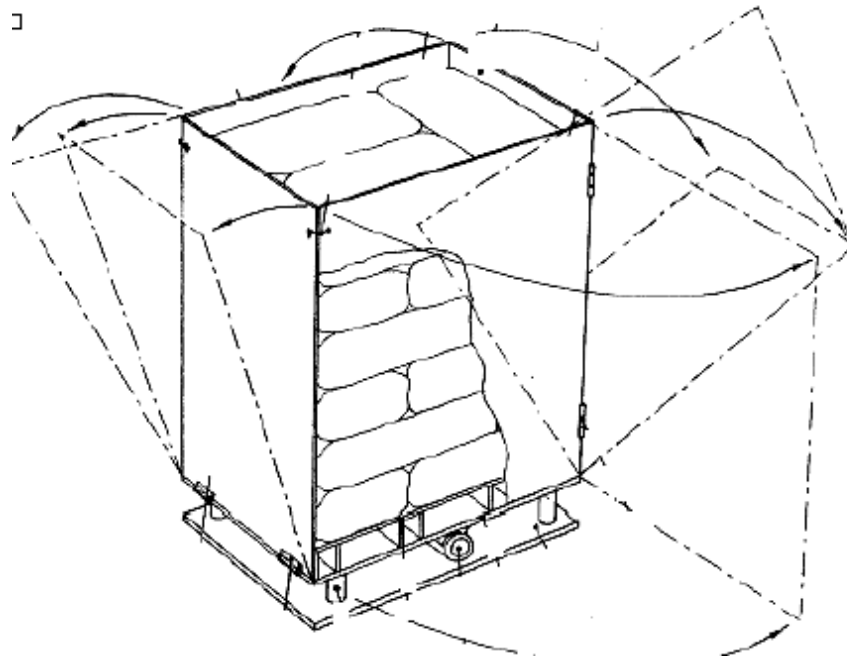


Рисунок 4.9 - Схема формувач палетів

Роликовий конвеєр [14], що містить закріплені на ланцюгах ролики і опорні напрямні, розташовані під верхньою гілкою конвеєра для взаємодії з роликами, відрізняється тим, що, з метою розширення технологічних можливостей, опорні напрямні виконані у вигляді плазунів, установлених в пазах поздовжніх лонжеронів і попарно з'єднаних жорстко між собою поперечиною, а лонжерони з'єднані між собою в середній частині балкою, а по краях "пластинами, причому на балці закріплені гідро- або пневмоциліндри, штоки яких з'єднані з відповідною поперечиною.

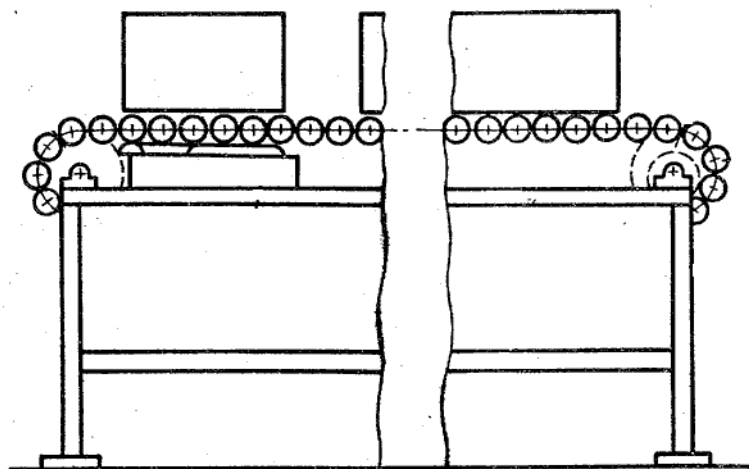


Рисунок 4.10 Схема роликового конвеєра

#### **4.2. Обґрунтування обраних модернізацій.**

Після проведення літературно-патентного огляду, мною було обрано найбільш підходяще технічне рішення для подолання недоліків базової машини.

В основу технічного рішення, для зменшення габаритних розмірів машини, спрощення конструкції, зниження енерговитрат та недостатньої якості усунення склепінь покладена задача створення пристрою, що забезпечує безперебійне і рівномірне дозування порошкових матеріалів різної насипної щільності та обсягу.

Поставлена задача вирішується тим, що всередині корпусу дозувально-фасувальної машини встановлено рухомий пристрій, виконаний у вигляді пружного стержня, який шарнірно закріплений у верхній частині корпусу. Нижня частина стержня введена всередину гвинтового зазору шнека і притиснута до бічної поверхні патрубку вивантаження, а в своїй верхній частині з'єднаний з натяжним пристроєм, виконаним у вигляді пружини, інший кінець якої з'єднаний з валом, рухливо закріпленим в опорах додатково введеного корпусу, пов'язаного з верхньою частиною корпусу бункера-живильника, причому вал має зовнішню різьбову поверхню, пов'язану з внутрішньою різьбовою поверхнею однієї з шестерень, яка розташована в додатково введеному корпусі, при цьому друга шестерня жорстко закріплена на валу реверсивного електродвигуна. В одному напрямку стержень рухається за рахунок зачеплення за шнек, а в зворотньому напрямку за допомогою пружини.

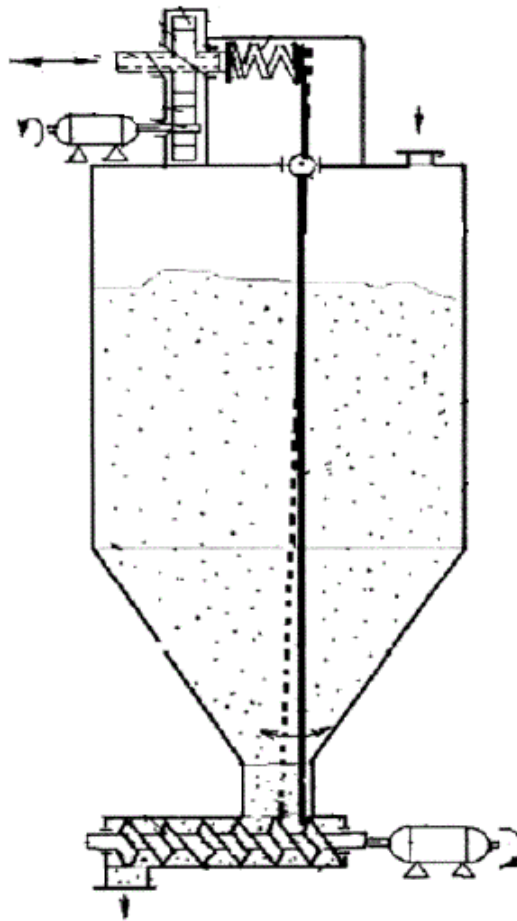


Рисунок – 4.11 Загальний вигляд дозувально-фасувальної машини

Для обрання допоміжної модернізації був проведений аналіз конструкції шнекового живильника і зроблений висновок, що недоліком даного вузла є незручність у видаленні залишків матеріалу після закінчення процесу дозування та ремонтних робіт.

Найбільш підходящим рішенням було забезпечити розвантаження залишків сипучих матеріалів з шнекового живильника без розбирання з'єднувального елемента між вивантажувальним люком шнекового живильника і завантажувальним люком апарату.

Поставлена задача вирішується тим, що вал зі шнеком виконаний з можливістю реверсивного обертання і забезпечений з обох сторін відбійними лопатями, що мають в перетині форму трикутника, а корпус живильника забезпечений розвантажувальним люком, виконаним з протилежного боку від вивантажувального люка, при цьому розвантажувальний люк

забезпечений кришкою, яка виконана урівень з внутрішньою поверхнею корпусу живильника.

Використання запропонованої конструкції шнекового живильника дозволяє:

- Зменшити час обслуговування машини;
- Запобігти потраплянню матеріалу в підшипникові вузли.

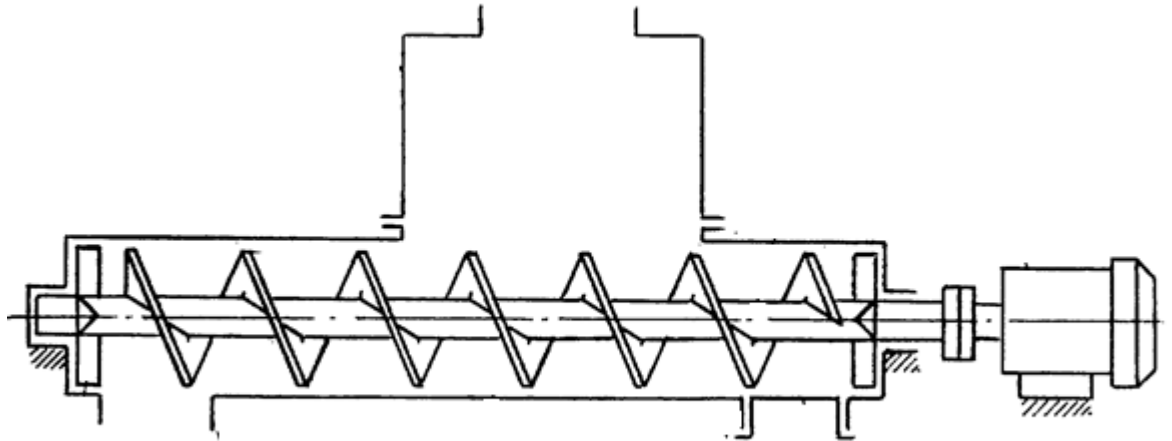


Рисунок – 4.12 Шнековий живильник

## **5 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів**

Дотримання законодавчих нормативних актів про охорону праці веде до зниження травматизму на виробництві. Для цього проводимо науковий аналіз умов праці.

Охорона праці та навколишнього середовища містить у собі питання безпеки праці, попередження травматизму і професійних захворювань; питання правової охорони праці; вибухів і пожеж на виробництві. Також з охороною праці пов'язані і питання пожежної безпеки в електроустановках. Електричні станції і мережі оснащені сучасною технікою, в основу якої - закладені принципи охорони праці. Безпечні конструкції електричних машин, механізмів і інших пристроїв повинні забезпечити здоров'я і безпечні рівні праці для обслуговуючого персоналу.

Технічне завдання дипломної роботи: «Лінія пакування алебастру в полімерні мішки з модернізацією дозувально-фасувальної машини».

Визначаємо шкідливі небезпечні виробничі фактори. Оператор знаходиться біля пульта керування у операторській. Кімната оператора управління знаходиться в цеху, розміри цеху: висота  $L=6\text{м.}$ , площа:  $S=1600\text{м}^2$ , об'єм:  $V=9600\text{м}^3$ . Розміри операторської кімнати: висота  $L=3\text{м.}$ , площа  $S=36\text{м}^2$ , об'єм  $V=108\text{м}^3$ .

ШНВФ, які впливають на оператора:

- повітря робочої зони;
- виробничий шум, вібрації;
- небезпека враження електричним струмом;
- надзвичайні ситуації.

Установку параметрів технологічного процесу і контроль здійснює оператор. Створення здорових і безпечних умов праці на підприємстві несуть

в собі необхідність виявлення шкідливих факторів на ранньому етапі, для того щоб на стадії проектування передумовити заходи, які слід проводити для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу. При проектуванні нової техніки повинні враховуватися вимоги що до діючого законодавства України по охороні праці.

## **5.2 Повітря робочої зони**

Робота оператора, який обслуговує машину для фасування алебастру відноситься до категорії легких фізичних робіт згідно ГОСТ 12.1.005-88/98 з енерговитратами 630 Кдж/год.

У операторській встановлена загально-обмінна вентиляція за допомогою механічної витяжки для приточування повітря. Вхідне повітря від пилу фільтрується за допомогою скрубера. У цій системі повітря подається в приміщення вентиляцією приточування, а віддаляється витяжкою, що працюють одночасно. Приток повітря проводиться в робочу зону, а витяжка - з верхньої зони приміщення ділянки.

При цьому ефективність пристроїв така, щоб масова концентрація шкідливих речовин і запилене повітря в зоні обслуговування не перевищувала санітарних норм, встановлених ГОСТ12.1.005-88 і СНиП2 04.05-84.

У цеху також встановлена система опалення та кондиціонер.

Всі проведені заходи забезпечують у виробничому приміщенні такі параметри повітря:

- температура повітря в робочій зоні в холодний період року складає: 20-23 °С – допустима і 19-21 °С – фактична, а в теплий період: 22-25 °С та 21-23 °С відповідно;
- відносна вологість складає 40-60%;
- швидкість руху повітря – 0,2 м/с.



- ГДК пилю 6 мг/м<sup>3</sup> – допустима, 2 мг/м<sup>3</sup> – фактична.

### **5.3 Виробничий шум**

До джерел шуму на лінії виробництва, належать:

- редуктора
- електродвигуни привода;
- зубчасті передачі;
- опорні ролики;
- шум у підшипниках;
- вентилятори.

При експлуатації устаткування в робочий час рівень звуку складає 105дБА, а нормативне значення, згідно ДСН 3.3.6.037-99 складає 80дБА.

Тому було прийнято наступні міри:

застосовуємо амортизатори (-20 дБА).

застосовуємо змащення всіх рухомих частин машини(-10дБА);

застосовуємо балансування обертових частин машини (-10дБА).

В якості амортизаційного елемента використовуємо торсіон, який має енергоємність в 1,5 рази більшу ніж у пружини.

При експлуатації устаткування в робочий час рівень звуку складає 65дБА, а нормативне значення, згідно ДСН 3.3.6.037-99.

У операторській, виконаній з бетону товщиною 200мм, та обшитої скловолокном, рівень шуму складає 20 дБА.

Для захисту органів слуху оператора, при проведенні робіт поза операторською використовуються навушники.

### **5.4 Вібрація**

До джерел вібрації у даному випадку належать електродвигуни й обертові частини машини для лиття під тиском. Посилення вібрації відбувається за рахунок неточності установки обертових частин; через нещільність з'єднання корпусів обертових частин до фундаменту. У даному випадку спостерігається загальна вібрація, що передається через опори на оператора. Робітник мало піддається вібрації, тому що він знаходиться далеко від опор печі. Він знаходиться біля пульта керування, тому загальна вібрація не впливає конкретно на нього.

Для зниження вібрації прийняті наступні міри:

- застосовуємо масляні ванни;
- застосовуємо додаткові ребра жорсткості;
- так як спостерігається, в основному, вібрація низьких і середніх частот, то покриття корпусів редукторів приймаємо тверді, металеві на основі алюмінію й міді;
- віброгашення, що здійснюється за рахунок установки агрегатів на фундаменті.

Покриття особливо відповідальних частин дорівнює 0,005мм, не особливо відповідальних 0,1мм.

Сумарний час роботи в контакті з вібрацією не перевищує 2/3 робочої зміни.

Тривалість одноразового безупинного впливу вібрацій не перевищує 15-20 хв, а при такому режимі обідня перерва не менш 40 хв.

Рівень загальної вібрації печі не перевищує  $10 \div 12$ дБ, що відповідає ДСН 3.3.6.039-99.

Небезпека впливу частин машини для лиття під тиском, що рухаються й обертаються

Механізмами, які обертаються є: запирання форми, черв'як, шестерні, ролики, муфти. Ці механізми є небезпечними, тому що можливе нанесення механічних травм і можуть викликати людську смерть. З метою запобігання травм встановлені огороження.

Робітники забезпечені індивідуальними засобами захисту:  
комбінезонами групи М – для захисту від механічних пошкоджень;  
спеціальне взуття відповідне до спецодягу;  
засоби захисту рук – рукавиці з бавовни;  
респіратори ШБ-1.

Для огороження використовуємо зварені з лозин у виді ґрат екрани.

Обертові механізми двигунів і муфт встановлені в нерухомих кожухах.

Вінцева шестерня закрита спеціальним кожухом.

Для аварійної зупинки машини передбачені аварійні пристрої, гідроупори, вимикачі, а на пульті керування - аварійні кнопки.

## **5.5 Промислове освітлення**

Для нормальної роботи обслуговуючого персоналу відповідно до норм ДБН В 2.5.28-2006 передбачається сумісне освітлення, тобто коли природне освітлення доповнюється штучним, для освітлення приміщення в години, коли природне освітлення відсутнє, або його недостатнє. Природне освітлення передбачається бічне, через світлові прорізи в зовнішніх стінах.

Штучне освітлення передбачене загальне, рівномірне, робоче й аварійне

Робоче освітлення передбачене для загального освітлення площі цеху.

Аварійне освітлення передбачене для забезпечення мінімальної освітленості у виробничому приміщенні на випадок раптового відключення робочого освітлення й зв'язане з цим порушення нормального обслуговування устаткування й механізмів, що може викликати тривале порушення технологічного процесу й ін .

Освітленість робочої зони установки, створювана світильниками загального і місцевого освітлення повинна відповідати ДБН В 2.5.28-2006. При V розряді зорових робіт вибираємо світильник ДРЛ-250, потужністю 125

Вт,  $F=9500$  лм. Встановлюємо в приміщенні 105 світильників, що дасть  $E_{ef} = 200$  лк.

Мінімальна нормативна освітленість для даного розряду роботи  $E_{min} = 150$  лк. Оскільки  $E_{ef} > E_{min}$ , приміщення відповідає нормам ДБН В 2.5.28-2006.

## 5.6 Електробезпека

Для запобігання випадків поразки електричним струмом персоналу, проектом передбачене контурне захисне заземлення – навмисне електричне з'єднання з землею металевих частин електроустаткування (корпусів, станин і т.п.) які у нормальних умовах; не знаходяться під напругою, але які можуть виявитися під напругою внаслідок порушення ізоляції електроустановки, різних несправностей й ін.

Для штучного заземлення проектом передбачено застосування вертикальних електродів. Вертикальні електроди являють собою сталеві труби діаметром 40 мм і довжиною 2,5 м.

Для зв'язку вертикальних електродів застосовується сталь прямокутного перетину  $3 \times 40$  мм.

Заземлювач розташовується в ґрунті по контуру (рис. 6.1)

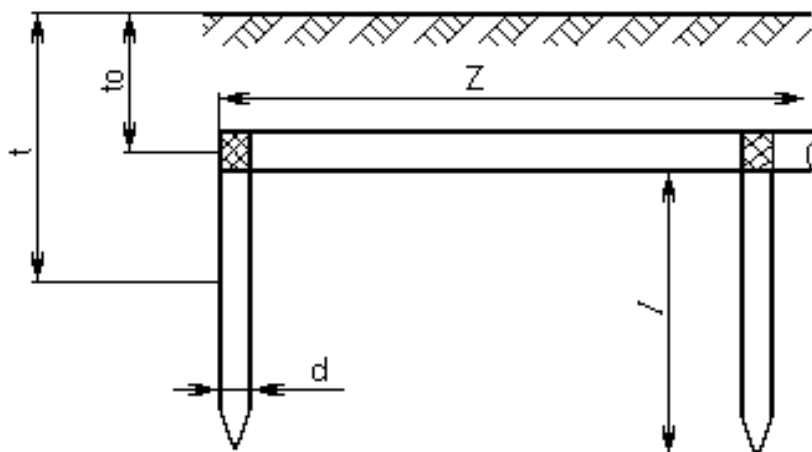


Рис. 5.1 Схема розташування заземлювачів

Опір розтіканню струму одного трубного електрода визначається за формулою:

$$R_{cmp} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \left( \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right) \right),$$

де  $l$  – довжина електрода, м;

$d$  – діаметр електрода, м;

$\rho$  – питомий опір ґрунту;

$t$  – глибина розташування середини електрода від поверхні ґрунту, м:

$$t = t_o + \frac{l}{2},$$

де  $t_o$  – відстань від верхньої точки заземлювача до поверхні ґрунту, м.

Приймаємо  $t_o = 0,9$  м;  $l = 2,5$  м;  $d = 0,04$  м;  $\rho = 300$  Ом·м

Тоді:

$$t = 0,9 + \frac{2,5}{2} = 2,15 \text{ м}$$

$$R_{cmp} = \frac{300}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 2,5}{0,04} + \frac{1}{2} \cdot \ln \left( \frac{4 \cdot 2,15 + 2,5}{4 \cdot 2,15 - 2,5} \right) \right) = 97,82 \text{ Ом}$$

Отримане  $R_{cmp} > R_{дон}$ , тому потрібно декілька заземлювачів, попередньо:

$$n' = \frac{R_{cmp}}{R_{дон}},$$

де  $R_{дон}$  – допустимий опір. При напрузі в мережі  $< 1000$  В,  $R_{дон} = 4$  Ом;  
ДНАОП 1.1.10 – 1.01–97.

Тоді:

$$n' = \frac{97,82}{4} = 24,45 \text{ шт.}$$

приймаємо  $n'=25$  шт.

Необхідна кількість вертикальних заземлювачів з урахуванням екранування:

$$n = \frac{n'}{\eta_o},$$

де  $\eta_o$  – коефіцієнт використання трубних заземлювачів, який враховує взаємне екранування,  $\eta_o=0,6975$

$$n = \frac{25}{0,6975} = 35,84 \text{ шт.}$$

приймаємо  $n=36$  шт.

Опір розтіканню струму з'єднуючої смуги визначаємо по формулі:

$$R_n = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot z} \cdot \frac{2 \cdot z^2}{b \cdot t_o},$$

де  $b$  – ширина смуги приймаємо  $b=0.04$  м;

$z$  – довжина смуги, яка з'єднує вертикальні стрижневі електроди, м;

$$z = a \cdot n \cdot l,$$

$a$  – відношення відстані між заземлювачами до довжини заземлювача, приймаємо  $a=3$ ;

$$z = 3 \cdot 36 \cdot 2,5 = 270 \text{ м};$$

$$R_n = \frac{300}{2 \cdot \pi \cdot 270} \cdot \ln \frac{2 \cdot 270^2}{0.04 \cdot 0.9} = 2.69 \text{ Ом};$$

Опір групового заземлювача, який складається з вертикальних заземлювачів і з'єднуючої їх смуги, визначається по формулі:

$$R_{cp} = \frac{R_{cmp} \cdot R_n}{R_{cmp} \cdot \eta_n + R_n \cdot \eta_o \cdot n},$$

де  $\eta_n$  – коефіцієнт використання горизонтальної смуги, яка з'єднує вертикальні заземлювачі,  $\eta_n=0,402$

Тоді:

$$R_{cp} = \frac{97,82 \cdot 2,69}{97,82 \cdot 0,402 + 2,69 \cdot 0,6975 \cdot 36} = 2,46 \text{ Ом}$$

Порівнюючи отримане і припустиме значення (за ГОСТ 12.1.030-87), бачимо що  $R_{гр} < R_{доп}$ , отже, дане заземлення, задовольняє вимогам електробезпеки.

Крім заземлення, огорожень і блокувань також передбачене застосування: попереджувальної сигналізації електрозахисних засобів, знаків безпеки, допоміжних захисних засобів.

### **5.7 Боротьба з надзвичайними ситуаціями на виробництві.**

Надзвичайна ситуація може виникнути при використанні та зберіганні легкозаймистих речовин поблизу лінії виробництва. План-схема евакуації внаслідок надзвичайної ситуації наведена на Рисунку 7.3. В цеху знаходяться 2 балони зі стисненим ацетиленом на випадок проведення зварювальних робіт.

Балони призначені для зберігання газів і є небезпечними незалежно від того чи газ є горючим чи ні. Ймовірними причинами вибуху балона можуть стати: падіння балону, неправильне заправлення чи перенесення, контакт газу з маслом, накопичення іржі (виявляють промиванням дихлоританом). Коли з балону випускають газ, то залишають  $P=0,5 \text{ МПа}$  для того аби можна було взяти пробу для аналізу газу.

Серед причин, що можуть призвести до загорання, відзначимо найімовірніші:

- несправність електроживлення;
- струми короткого замикання і перевантаження кабелів живлення;
- використання відкритого вогню в неналежному місці;
- застосування легкозаймистих речовин, їхнє зберігання поблизу установки.

Запобігання запаленням забезпечується такими заходами:

- дотримання технологічних норм і правил експлуатації;
- догляд за територією відповідно до вимог пожежної безпеки;
- обмеження в застосуванні відкритого вогню;
- паління у спеціальних місцях;
- своєчасне проведення інструкцій серед обслуговуючого персоналу;
- організація наочної агітації з техніки безпеки;
- вчасна перевірка устаткування, особливо електричного;
- дотримання вимоги на засоби пожежогасіння;
- наявність пожежної сигналізації (датчик КІ-1, приймальна станція РУОП-1).

Для гасіння невеликих вогнищ, запалень застосовують порошкові вогнегасники з речовинами ОПС-10 і ОППС-100. У цеху на відстані 30 м один від одного встановлені пожежні гідранти з рукавами по 10 м. Також у виробничому приміщенні встановлені стаціонарні установки пожежогасіння САМ-9 (порошок вогнегасний ДСТУ 3105), які при підвищенні температури до 72 °С відкривають спринклери. Захисна площа становить не менше 12 м<sup>2</sup>.

Відстані до пожежних евакуиходів – 35 м, кількість виходів – 3. Ширина прорізу для дверей евакуиходів – 2,5 м згідно з СНиП 2.09.02-85.



## 1 6 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ

### 6.1 Опис ідеї проекту

В сучасному машинобудуванні широко застосовується принцип агрегатування, тобто кожний із основних механізмів технологічної лінії виконують із максимально можливою функціональною незалежністю. Це дозволяє не тільки підвищити уніфікацію обладнання, а й створює умови для вчасної і швидкої модернізації лінії, заміни застарілих пристроїв і механізмів.

За останні роки до технологій і процесів хімічних виробництв пред'являється ряд нових вимог. В першу чергу ці виробництва повинні бути ресурсо- і енергозберігаючими.

В даному дипломному проекті розглядається лінія для пакування алебастру в полімерні мішки з модернізацією дозувально-фасувальної машини. Алебастр – м'який матеріал білого кольору, різновид гіпсу, використовується в будівництві та для створення скульптур. Для пакування алебастру найбільше підходять полімерні мішки тому, що вони вологостійкі, що особливо важливо для зберігання в них продукції на відкритих майданчиках, а також стійкі до впливу різних кислот та інших хімічних речовин. Область використання продукції лінії постійно розширюється.

Таблиця 6. 1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Виготовити дозувально-фасувальну машину	Виготовити дозувально-фасувальну машину з кращими характеристиками дозування	Усунення склепінь в бункері
		Необхідна надійності використання обладнання
		Вища якість продукції
	Застосування кращого обладнання для дозування сипких матеріалів	Підвищення енергоефективності проведення процесу
		Зменшення витрат на придбання обладнання та його

		ремонту
--	--	---------

На даний момент вже розроблена модернізація існуючого обладнання (модернізація установки виробництва спіненого полістиролу). Ми гарантуємо ефективність нововведеної модернізації та її швидку окупність внаслідок збільшення енергоефективності, покращенні основних показників продукції, що виробляється тощо. Проект включає в себе створення технічної документації, креслень застосуванням систем комп'ютерного проектування. Також проект передбачає допомогу в впровадженні інновацій, вирішення проблем, що виникають на виробництві, організацію процесу та забезпечення всіма необхідними довідковими матеріалами, налагодження нового обладнання, його автоматизацію, підготовку персоналу для роботи з ним та допомогу при виникненні проблем з впровадженими інноваціями в обладнанні.

Проведено аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів:

- визначено перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї;
- визначено попереднє коло конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів–замінників чи товарів–аналогів, що вже існують на ринку, та проведено збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку ;
- проведено порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні); в) кращі значення (S, сильні), наведено в таблиці 6.2. .

Таблиця 6.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
	Мій проект	Конкурент 1	Конкурент 2	Конкурент 3			
Вартість машини, грн	124500	110303	142046	110000	–	+	–
Енергозатрати теплоносія, кг/с	7	13	10	14	–	–	+
Продуктивність, кг/год	14000	14000	12000	15000	–	+	–
Питома енергоемність, кВт/кг	142	159	150	173	–	–	+

Основною перевагою над конкурентами є: гарантоване отримання більш високих результатів за короткий термін роботи модернізації. Проект працює за трьома основними критеріями роботи – надійність, ефективність та якість виробленого продукту. Завдяки співпраці оновлене підприємство стане більш енергоефективним, підвищиться якість продукції, що виготовляється. Тобто підприємство стане більш конкурентоспроможним на ринку в Україні та світі. Також одним з основних напрямків діяльності проекту є: створення кращих робочих умов для працівників та їх безпеки при роботі.

## 6.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проведено аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту та наведено його у таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Створення дозувально-фасувальної машини з технологією усунення склепін в бункері	Модернізована конструкція являє собою бункер з коливальним елементом	На даний момент відомо багато конструкцій дозувальних машин, однак процес усунення склепін можна зробити ефективнішим	Література для вивчення процесу дозування представлена багатьма авторами, але для підвищення конкурентоспроможності потребує подальшого вивчення
2	Полегшення ремонтних робіт	Модернізований шнековий живильник	Наявні, відомі конструкції модернізуються	На ринку представлено багатьма виробниками
<p>Обрана технологія реалізації ідеї проекту:</p> <p>Нова конструкція дозувально-фасувальної машини, яка дозволить отримати рівномірний процес дозування з полегшеними можливостями ремонту та чистки обладнання.</p>				

За результатами аналізу видно, що можливості технологічної реалізації проекту, а також технологічного шляху, яким це доцільно зробити – є можливим.

### 6.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначено ринкові можливості, які можна застосувати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть завадити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів–конкурентів.

Основні виробники фасувального обладнання в Україні: НПО Баленко, «ТОВ Бізнес-Гід», EKVO Group .

У Світі: Корпорація «PackTech» (Росія), Корпорація «Europages» (США), Корпорація «Patriot-nrg» (США), Корпорація «Kelvion» (США).

В таблиці 6.4 наведено попередні характеристики потенційного ринку стартап-проекту.

Таблиця 6.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
Кількість основних гравців, од	4
Загальний обсяг продаж, грн/ум. од	800
Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Масштабність
Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ, ГОСТ, ISO.
Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	60

За результатами аналізу таблиці робимо висновок, що ринок є привабливим для входження за попереднім оцінюванням.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (таблиця 6.5).

Таблиця 6.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Потреба в якості продукції, потреба в підвищенні продуктивності апаратів.	Компанії, що виготовляють будівельні матеріали тощо.	ДСТУ, ГОСТ, ISO	- до продукції: якісні апарати та відповідність всім нормативам, щодо міцності, надійності; - до компанії-постачальника: якість постачання, швидкість, доступність.

Проводимо аналіз ринкового середовища: складаємо таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому заважають (таблиці 6.6, 6.7). Фактори в таблиці подавати в порядку зменшення цінності.

Фактори поділяються на внутрішньо маркетингові середовище та зовнішньо маркетингові середовище. До внутрішньо маркетингових факторів відносяться власний капітал стартап проекту, інтелектуальні ресурси, технологічні ресурси, матеріальні, місцезнаходження. До зовнішньо маркетингового середовища стартап проекту відносяться природні, політико–правові, соціально–культурні, економічні, науково–технічні і демографічного середовища.

Фактори загроз вносимо до таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
Політико-правові «Закон України про підприємницьку	Може вплинути на працездатність проекту, купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного	Відповідність вимогам законодавства України та країн з якими ведеться співпраця. Зміна напрямків

діяльність» . «Закони України про ліцензування певних видів господарської діяльності».	для товару Недостатня підтримка державою нових підприємців. Дорого вартісні ліцензії, заборона на діяльність без ліцензії.	імпорту/експорту
Економічні: інфляція, підвищення цін на матеріали	Впливає на купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару	Підвищення/пониження ціни на продукт
Науково-технічні: Зміниться технологія виготовлення товару	Невідповідність технологій споживчих та послуг науково-технічному розвитку. «Консервативність споживачів до запровадження інновацій».	Постійний пошук та моніторинг актуальних тенденцій в обраній та в суміжних сферах діяльності. Інноваційна діяльність.
Демографічні: Зниження народжуваності та кількості населення.	Впливає на купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару	Пошук нових клієнтів для виробництва теплообмінників.
Соціально-культурні: «Консервативність споживачів до запровадження інновацій».	Небажання споживачів купувати нове обладнання	Пропонувати споживачам замість купівлі нового обладнання модернізацію їх виробництва за допомогою наших послуг

Таблиця 6.7 – Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
Науково-технічні Зміна технології виготовлення обладнання	Поява нової технології виробництва дозувальних машин.	Розробка нового обладнання та конструкцій дозувальних машин. Впровадження даної технології та декларування власної ціни на дану пропозицію.
Демографічні:	Збільшення	Збільшення числа потенційних

Розвиток машинобудівної галузі	населення, покращується попит на продукцію	клієнтів в майбутньому.
Високий інтелектуальний потенціал компанії	Кваліфіковані, лояльні і добре мотивовані працівники як інструмент для досягнення конкурентних переваг	Оптимізація управління трудовими ресурсами; розробка методів, спрямованих на підвищення продуктивності праці

Надалі проводимо аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку, отримані дані заносимо до таблиці 6.8.

Таблиця 6.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Тип конкуренції: Монополістична	Товар кожної фірми, яка торгує на ринку, є недосконалим замінником товару, який реалізують інші фірми. Диференціація товарів створює можливість обмеженого впливу на ринкові ціни, так як багато споживачів зберігають прихильність до конкретної марки і фірми навіть при деякому підвищенні цін.	Компанія повинна робити ставку на основні відмінності своєї продукції (за якістю, економічністю, конкретними фізичними характеристиками). Велика кількість продавців виключає можливість змови, не дає особливо впливати на ринкові ціни.
2. За рівнем конкурентної боротьби: Національний	Менше компаній-конкурентів, за рахунок того, що іноземні компанії не конкурують з національними.	Першим кроком орієнтуватися та виходити на національний ринок, збирати зворотній зв'язок, проблеми та побажання. Охоплювати у співпраці максимальну кількість національних клієнтів, спілкуватися з ними



		особисто. Паралельно працювати над іміджем компанії.
3. За галузевою ознакою: Міжгалузева	Дозувально-фасувальні апарати можна використовувати для різногалузевих виробництв та процесів.	Створення удосконаленого фасувального обладнання, яке спрямоване на зниження енергозатрат.
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-видова	Під час прийняття рішення про купівлю клієнт буде обирати кращу за властивостями, або за ступенем задоволення певних його потреб продукцію.	Підприємство орієнтоване на малий, середній та великий бізнес. І має можливість проектувати відповідне обладнання
5. За характером конкурентних переваг: цінова	За рахунок покращення з точки зору клієнта співвідношення ціна/якість підвищується конкурентоспроможність товару	Постійне спостереження та оцінка цінової політики на ринку. Регулювання ціни в комплексі з якістю товару. Просування товару методами, що використовують фактичні розрахунки переваг товару (у чисельному вигляді)
6. За інтенсивністю: марочна	Для вдалого просування, підвищення каналів збуту, кількості клієнтів та партнерів необхідно зарекомендувати себе, створити власне ім'я.	Створення логотипу, нанесення його (або назви) на продукт. Реклама в інтернеті. Збільшення кількості ділових контактів.

Після аналізу конкуренції проводимо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі за моделлю 5 сил М. Портера. Згідно цієї моделі розглядаємо 5 основних сил, які необхідно врахувати перед виходом на ринок, опис наведено в таблиці 6.9.

Таблиця 6.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	Основні компанії, що виготовляють апарати для екструзії: НПО Баленко, «ТОВ Бізнес-Гід», EKVO Group	Основні бар'єри входження на ринок: ефект масштабу великих компаній, недостатність інвестицій, обмежена можливість науково-дослідницьких та досвідно-конструкторських	Існує загроза інтегрування постачальників в бізнес (відома подібна практика закордоном)	-не конкурентно спроможне обладнання -високі ціни на товари -не якісні послуги - без інноваційне	Інші фірми виробляють схожу продукцію. Але на даний момент аналогів по показникам продуктивності немає
Висновки:	Основна перевага – досвід, відоме ім'я. Але, за рахунок інновацій, тісного контакту з клієнтом можна заробити імідж та отримати клієнтів.	Можливість входу на ринок існує. Потенційними конкурентами можуть стати схожі підприємства-новатори.	Постачальники загалом не диктують умови. На даний момент існує велика низка можливих постачальників. Наш продукт є доволі адаптовним для модифікованих компонентів.	Диктують умови на ринку: якщо співвідношення ціна/якість буде не співмірним, можуть відмовитися від продукту, оскільки є з чого вибрати.	Мінімальне обмеження через товари-замінники.

Згідно отриманого аналізу конкуренції визначено, що важливим конкурентним рішенням є розвиток інновацій, тісний контакт з клієнтом, модернізації та створення нового обладнання.

На основі аналізу конкуренції, проведеного в таблиці 6.9, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (таблиця 6.2), вимог споживачів до товару (табл. 6) та факторів маркетингового середовища (таблиці 6.6, 6.7) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності.

Згідно отриманих результатів основним параметром конкурентоспроможності є якість обладнання для виробництва виробів різного призначення.

Таблиця 6.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1.	Доступна ціна	За рахунок зменшення енергозатрат – загальна вартість знижується.
2.	Інноваційність технології	Впровадження модернізованого механізму усунення склепінь не було застосовано в цьому напрямку раніше.
3.	Комплексний підхід	Ми надаємо комплекс послуг по розробці виготовленню і монтажу а також постачаємо комплектуючі по низьким цінам.
4.	Можливість виходу на закордонний ринок	Інноваційність технології дозволяє впроваджувати ці апарати не тільки на території України.

За визначеними факторами конкурентоспроможності проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту.

Сильні сторони проекту: якість дозувально-фасувальних машин; зменшення кількості виходу бракованої неякісної продукції; універсальність застосування модернізованого обладнання.

Слабкі сторони проекту: невеликий асортимент продукції, що виготовляється.

Складаємо SWOT-аналіз (матриці аналізу сильних (Strength), слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (таблиця 5.10), та вносимо результати до таблиці 6.12.

Таблиця 6.12 – SWOT - аналіз стартап -проекту

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Низька вартість впровадження проекту.</li> <li>- Високий інтелектуальний потенціал компанії</li> <li>- Інноваційність технології</li> <li>- Високий рівень енергозбереження та ресурсозбереження загалом</li> <li>- Адаптованість продукту на суміжні ринки</li> <li>- Можливість виходу на закордонний ринок</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Невідоме «ім'я» підприємства</li> <li>- Недостатній рівень фінансування</li> <li>- Висока конкуренція на ринку</li> <li>- Зменшення кількості можливих постачальників в умовах кризи</li> </ul>

Продовження таблиці 6.12

Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Перевага над конкурентним товаром за рахунок малокомпонентності, енергоефективності...</li> <li>- Підвищення продуктивності розробок за рахунок ефективної командної діяльності</li> <li>- Плідна співпраця з постачальниками на взаємовигідних умовах поступок</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Поява інноваційного обладнання</li> <li>- Витіснення конкурентами компанії з ринку</li> <li>- Недостатнє фінансування, відсутність інвесторів</li> <li>- Недостатність клієнтів-підприємств, що можуть дозволити собі оновлення систем</li> <li>- Витіснення вітчизняного товару закордонним</li> <li>- Зміна населення.</li> </ul>

Після аналізу обираємо альтернативу диференціації, що передбачає надання товару важливих з точки зору споживача відмітних властивостей, які роблять товар відмінним від товарів конкурентів.

## 6.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першочергово передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (таблиця 6.14).

Таблиця 6.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1.	Приватні компанії виробництва та пакування сипучих матеріалів	Висока	Високий	Мала	Висока
2.	Державний сектор різних галузей промисловості	Середня	Середній	Висока	Середня
Які цільові групи обрано: Для здобуття іміджу та репутації компанії починати треба з приватних компаній виробництва та пакування сипучих матеріалів, а в подальшому розповсюджувати свою діяльність і на державному рівні.					

Використовуємо стратегію концентрованого маркетингу.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформулювати базову стратегію розвитку, яка наведена в таблиці 6.15.

Таблиця 6.15 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1.	Підписання довгострокових контрактів	Диференційований маркетинг	Супровід обладнання, їх технічне обслуговування, навчання персоналу	Стратегія диференціації

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця 6.16).

Таблиця 6.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1.	Ні	Треба починати з клієнтів, не зациклених на відомому бренді, тих, хто готовий експериментувати.	Загальним для нашого товару і конкурентного є тільки основна ідея, а структура, компоненти, їх співвідношення є унікальними	Стратегія заняття конкурентної ніші

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту, а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (таблиця 6.15) та стратегії конкурентної поведінки розробляється стратегія позиціонування (таблиця 6.16). що полягає у

формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект.

Таблиця 6.17 – Визначення стратегії позиціонування

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1. Аргументована ціна. 2. Супроводження товару 3. Необхідна якість	Стратегія диференціації	1. Продукція вищої якості за конкурентну 2. Можливість економити на ресурсах 3. Програми лояльності за тривалі контракти 4. Супровід товару	1. Висока якість та надійність. 2. Тривалі контракти. 3. Програми лояльності.

## 6.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у таблиці 6.18 підсумовуємо результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 6.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1.	Висока актуальність фасувального обладнання	Збільшення чистого прибутку. Покращення якості продукту	- Високий інтелектуальний потенціал компанії - Інноваційність технології - Високий рівень енергозбереження та ресурсозбереження - Адаптованість продукту суміжні ринки - Підвищення продуктивності процесу та

			якості товару
2.	Зменшення виходу бракованого матеріалу	Збільшення продуктивності	Інноваційна конструкція фасувальної машини
3.	Зниження енергозатрат на виробництво	Зменшення ціни продукту	Інноваційна конструкція

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (таблиця 7.19). Орієнтовний перелік можливих характеристик товару наведено у методиці.

До основних техніко-економічних характеристик товару відносяться:

- Економічні – вартість обслуговування, експлуатації, утилізації, витратних матеріалів, ремонту, знижки;
- Призначення (технічні) – показники, що визначають головний напрямок використання товару та можливу сферу його застосування: класифікаційні показники, складу і структури, технічної досконалості;
- Надійності – здатність товару безвідмовно функціонувати: безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність;
- Технологічні – можливість оптимізації витрат матеріалів, праці, коштів, часу під час технологічної підготовки виробництва, виготовлення та використання товару;
- Ергономічні – показники ступеню адаптованості технічних та конструктивних рішень виробу до біологічних властивостей людини та середовища використання товару: гігієнічні, антропометричні, фізіологічні та психологічні;
- Органолептичні – визначають властивості товару, які людина може визначити за допомогою своїх органів чуття;
- Естетичні – оцінюють зовнішній вигляд товару;
- Транспортабельності – визначають пристосованість продукції до транспортування, підготовчих, початкових і кінцевих операцій перевезення;



- Екологічності – характеризують рівень негативного впливу на довкілля;
- Безпеки – безпечності та нешкідливості споживання товару.

Формулюємо три рівні товару: товар за задумом, товар у реальному виконанні та товар із підкріпленням. Далі розглядаємо техніко-економічні характеристики кожного рівню товару, отримані дані вносимо до таблиці 6.19.

Таблиця 6.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Зменшення витрат енергетичних, матеріальних та людських ресурсів на виробництво.		
	Вирішення проблем пов'язаних з виробництвом (випуск бракованої продукції, низька надійність обладнання тощо).		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	Дозувальне обладнання, особливістю яких є використання модернізованих елементів. 1. Надійність 2. Енерго- та ресурсозбереження 3. Доступна ціна 4. Інноваційність технології	+/+	-/+/+/-/-
	Якість: стандарти, нормативи, параметри тестування міжнародні та вітчизняні стандарти ДСТУ, ISO, DIN та інші.		
	Пакування– відсутнє		
	Марка: назва організації-розробника + назва товару		
III. Товар із підкріпленням	До продажу: • програми лояльності при підписанні довготривалого контракту; • різні способи доставки; • різні способи оплати; • демонстрації та моделювання роботи		
	Після продажу: • встановлення; • обслуговування; • супровід;		

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• навчання персоналу;</li> <li>• гарантія повернення грошей і обміну товару.</li> </ul>
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: буде розроблено патент на винахід, на кожному апараті буде фірмовий штамп.	

Після формування маркетингової моделі товару слід особливо відмітити – чим саме проект буде захищено від плагіату. Захист може бути організовано за рахунок захисту ідеї товару (захист інтелектуальної власності), або ноу-хау, чи комплексне поєднання властивостей і характеристик, закладене на другому та третьому рівнях товару.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субститути, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (таблиця 6.20). Аналіз проводиться експертним методом.

Таблиця 6.20– Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1.	100000-140000 грн.	90000-150000 грн – ціни високі	Підприємства великі, середні та малі(цехи)	2000-5000 грн/1 консультація, в онлайні безкоштовно.
2.	Сама модернізація робиться коштом підприємства (клієнта) оплата йде тільки за обсяги роботи. 120 грн / година роботи	Розробка нового обладнання 200 грн/1 год	Дивлячись від розміру підприємства (клієнта) та обсягів виконання: 4000 -8000 грн/1 год (для всього колективу)	800 грн/1год (для всього колективу)

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (таблиця 6.21):

- проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту);
- вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту;
- вибір та обґрунтування виду посередників.

Таблиця 6.21 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Клієнти хочуть на власні очі бачити обладнання та його тестування перед закупівлею, потребують доставки, встановлення, консультацій, супроводу	Гарантія Тестування Доставка Ремонт Допомога введення у експлуатацію Допомога при запуску	Нульовий рівень Наша компанія сама встановлює і проектує обладнання. До споживача доходить продукція з усіма необхідними компонентами.	Власна система збуту через інтернет і домовленість про подальшу співпрацю
2.	Консультування при виникненні питань та пропозицій	Виконання роботи та складання	Однорівневий	Через інтернет по телефону, відеоконференціях та на місці

Система збуту товарів - ключова ланка комерційної діяльності й свого роду фінішний комплекс у всій діяльності фірми по створенню, виробництву й доведенню товару до споживача. Власне, саме тут споживач або визнає, або не визнає всі зусилля підприємства корисними і потрібними для себе і, відповідно, купує або не купує її продукцію і послуги.

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану

основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таблиця 6.22).

Таблиця 6.22 – Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1.	Розв'язок проблем в діяльності	Інтернет та соціальні мережі	Запевнення в швидкості та якості, створення партнерських стосунків з клієнтом.	Запевнити в швидкому розв'язку та відповідей на всі питання, що турбують.	«Довговічність і надійність»
2.	Пошук варіантів розвитку клієнта (покращення параметрів, зменшення затрат тощо).	Інтернет та соціальні мережі, реклама	Надання всієї інформації про Нас, надання гарантій та картки клієнта з подальшим сервісом.	Показати перелік наших послуг та надати інформацію для звернення.	«Все краще для вас»
3.	Бажання здійснити вигідну покупку, що буде актуальною тривалий час.	Інтернет та соціальні мережі, відеочати, реклама виставки та друкована продукція	Надання всієї інформації та гарантія на покупку.	Показати перелік наших послуг та надати інформацію для звернення.	«Краще не знайдете»

Результатом останнього пункту має стати ринкова (маркетингова) програма, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та

потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого буде впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки.

## **ВИСНОВКИ**

В розділі пояснювальна записка був проведений опис технологічної лінії пакування алебастру в полімерні мішки, опис дозувально-фасувальної машини та її характеристики. Був проведений літературний та патентний огляд машин з яких складається лінія, та обрана модернізація дозувально-фасувальної машини, а саме механізму усунення склепінь та шнекового живильника.

В розділі охорона праці та навколишнього середовища детально описано небезпеки під час виробництва та шляхи їх усунення. Також був розроблений розділ стартап-проект

## 7 МЕХАНОТРОНІКА

### 7.1 Опис роботи лінії пакування алебастру в полімерні мішки

Перелік операцій:

- 1 – подача алебастру до бункера;
- 2 – надходження матеріалу до фасувальної машини;
- 3 – подача мішка до фасувальної машини;
- 4 – зварювання горловини мішка;
- 5 – рух мішка роликівим конвеєром;
- 6 – ущільнення мішка ущільнювачем;
- 7 – подача палети;
- 8 – складання мішків в палету;
- 9 – переміщення мішка до лотка для пошкоджених мішків;
- 10 – переміщення палети до палетообмотчика;
- 11 – обмотування мішків палетообмотчиком;
- 12 – переміщення палети з лінії.

#### Робочий цикл:

~~1,3 - 2 - 2 - 1,3 - 4,5 - 4,5,6 - 7 - 6 - 7 - 8 - 8 - 10 - 10 - 9 - 9~~  
~~- 11,12 - 11 - 12~~

## **7.2 Розгляд функціональних модулів**

### **2.1 Функціональний модуль 1 (ФМ1)**

Призначений для подачі алебастру до бункера.

В якості виконавчого пристрою виступає пневмоциліндр двосторонньої дії, поршневий, одноштоковий.

Технічні характеристики приводу:

Максимальний робочий тиск – 12 бар (1,2 МПа)

Швидкість ходу поршня – 10 - 1000 мм/с,

Робоча температура – 5°C - +70°C.

Діаметр поршня – 40 мм.

Хід – 100 мм.

Марка деталі: “Pneumax” 1305.40.50.01 (ISO)

Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 1.0

В якості керуючого пристрою використовуємо моностабільний 5-лінійний розподільник з пружинним поверненням, 2-х позиційний Festo VMEM-S-M52-M.

Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 1.1

В якості датчиків положення штока циліндра використовуємо безконтактні емнісні датчики «ТК ЕНЕРГО» ВБЕ.

Кількість – 2 шт.

Позначення на схемі – 1.2 та 1.3

### **2.2 Функціональний модуль 2 (ФМ2)**

Призначений для надходження матеріалу до фасувальної машини.



В якості виконавчого пристрою виступає пневмоциліндр двосторонньої дії, поршневий, одноштоковий.

Технічні характеристики приводу:

Максимальний робочий тиск – 12 бар (1,2 МПа)

Швидкість ходу поршня – 10 - 1000 мм/с,

Робоча температура – 5°C - +70°C.

Діаметр поршня – 40 мм.

Хід – 100 мм.

Марка деталі: “Pneumax” 1305.40.50.01 (ISO)

Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 2.0

В якості керуючого пристрою використовуємо моностабільний 5-лінійний розподільник з пружинним поверненням, 2-х позиційний Festo VMEM-S-M52-M. Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 2.1

В якості датчиків положення штока циліндра використовуємо безконтактні ємнісні датчики «ТК ЕНЕРГО» ВБЕ.

Кількість – 2 шт.

Позначення на схемі – 2.2 та 2.3

2.3 Функціональний модуль 3 (ФМ3)

Призначений для подачі мішка до фасувальної машини.

В якості виконавчого пристрою виступає пневмоциліндр двосторонньої дії, поршневий, одноштоковий.

Технічні характеристики приводу:

Максимальний робочий тиск – 12 бар (1,2 МПа)

Швидкість ходу поршня – 10 - 1000 мм/с,

Робоча температура – 5°C - +70°C.

Діаметр поршня – 40 мм.

Хід – 100 мм.

Марка деталі: “Pneumax” 1305.40.50.01 (ISO)

Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 3.0

В якості керуючого пристрою використовуємо – бістабільний 5-лінійний розподільник з двостороннім електромагнітним керуванням, 2-х позиційний Festo VHEM-PA-B52.

Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 3.1

В якості датчиків положення штока циліндра використовуємо безконтактні ємнісні датчики «ТК ЕНЕРГО» ВБЕ.

Кількість – 2 шт.

Позначення на схемі – 3.2 та 3.3

#### 2.4 Функціональний модуль 4 (ФМ4)

Призначений для зварювання горловини мішка.

В якості виконавчого пристрою виступає пневмоциліндр двосторонньої дії, поршневий, одноштоковий.

Технічні характеристики приводу:

Максимальний робочий тиск – 12 бар (1,2 МПа)

Швидкість ходу поршня – 10 - 1000 мм/с,

Робоча температура – 5°C - +70°C.

Діаметр поршня – 40 мм.

Хід – 100 мм.

Марка деталі: “Pneumax” 1305.40.50.01 (ISO)

Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 4.0

В якості керуючого пристрою використовуємо моностабільний 5-лінійний розподільник з пружиним поверненням, 2-х позиційний Festo VMEM-S-M52-M. Кількість – 1 шт.

Кількість – 1 шт.

#### Позначення на схемі – 4.1

В якості датчиків положення штока циліндра використовуємо безконтактні ємнісні датчики «ТК ЕНЕРГО» ВБЕ.

Кількість – 2 шт.

#### Позначення на схемі – 4.2 та 4.3

#### 2.5 Функціональний модуль 5 (ФМ5)

Призначений для руху мішка роликів конвеєром.

В якості виконавчого пристрою виступає пневмоциліндр двосторонньої дії, поршневий, одноштоковий.

#### Технічні характеристики приводу:

Максимальний робочий тиск – 12 бар (1,2 МПа)

Швидкість ходу поршня – 10 - 1000 мм/с,

Робоча температура – 5°C - +70°C.

Діаметр поршня – 40 мм.

Хід – 100 мм.

Марка деталі: “Pneumax” 1305.40.50.01 (ISO)

Кількість – 1шт.

#### Позначення на схемі – 5.0

В якості керуючого пристрою використовуємо моностабільний 5-лінійний розподільник з пружинним поверненням, 2-х позиційний Festo VMEM-S-M52-M.

Кількість – 1шт.

#### Позначення на схемі – 5.1

В якості датчиків положення штока циліндра використовуємо безконтактні ємнісні датчики «ТК ЕНЕРГО» ВБЕ.

Кількість – 2 шт.

#### Позначення на схемі – 5.2 та 5.3

## 2.6 Функціональний модуль 6 (ФМ6)

Призначений для ущільнення мішка ущільнювачем.

В якості виконавчого пристрою виступає пневмоциліндр двосторонньої дії, поршневий, одноштоковий.

### Технічні характеристики приводу:

Максимальний робочий тиск – 12 бар (1,2 МПа)

Швидкість ходу поршня – 10 - 1000 мм/с,

Робоча температура – 5°C - +70°C.

Діаметр поршня – 40 мм.

Хід – 100 мм.

Марка деталі: “Pneumax” 1305.40.50.01 (ISO)

Кількість – 1 шт.

### Позначення на схемі – 6.0

В якості керуючого пристрою використовуємо – бістабільний 5-лінійний розподільник з двостороннім електромагнітним керуванням, 2-х позиційний Festo VHEM-PA-B52.

Кількість – 1 шт.

### Позначення на схемі – 6.1

В якості датчиків положення штока циліндра використовуємо безконтактні ємнісні датчики «ТК ЕНЕРГО» ВБЕ.

Кількість – 2 шт.

### Позначення на схемі – 6.2 та 6.3

## 2.7 Функціональний модуль 7 (ФМ7)

Призначений для подачі палети.

В якості виконавчого пристрою виступає пневмоциліндр двосторонньої дії, поршневий, одноштоковий.

### Технічні характеристики приводу:

Максимальний робочий тиск – 12 бар (1,2 МПа)

Швидкість ходу поршня – 10 - 1000 мм/с,

Робоча температура – 5°C - +70°C.

Діаметр поршня – 40 мм.

Хід – 100 мм.

Марка деталі: “Pneumax” 1305.40.50.01 (ISO)

Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 7.0

В якості керуючого пристрою використовуємо – бістабільний 5-лінійний розподільник з двостороннім електромагнітним керуванням, 2-х позиційний Festo VHEM-PA-B52.

Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 7.1

В якості датчиків положення штока циліндра використовуємо контактні датчики Festo S-3-BE.

Кількість – 2 шт.

Позначення на схемі – 7.2 та 7.3

## 2.8 Функціональний модуль 8 (ФМ8)

Призначений для складання мішків в палету.

В якості виконавчого пристрою виступає пневмоциліндр двосторонньої дії, поршневий, одноштоковий.

Технічні характеристики приводу:

Максимальний робочий тиск – 12 бар (1,2 МПа)

Швидкість ходу поршня – 10 - 1000 мм/с,

Робоча температура – 5°C - +70°C.

Діаметр поршня – 40 мм.

Хід – 100 мм.

Марка деталі: “Pneumax” 1305.40.50.01 (ISO)

Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 8.0

В якості керуючого пристрою використовуємо моностабільний 5-лінійний розподільник з пружиним поверненням, 2-х позиційний Festo VMEM-S-M52-M.

Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 8.1

В якості датчиків положення штока циліндра використовуємо контактні датчики Festo S-3-BE.

Кількість – 2 шт.

Позначення на схемі – 8.2 та 8.3

## 2.9 Функціональний модуль 9 (ФМ9)

Призначений для переміщення мішка до лотка для пошкоджених мішків.

В якості виконавчого пристрою виступає пневмоциліндр двосторонньої дії, поршневий, одноштоковий.

Технічні характеристики приводу:

Максимальний робочий тиск – 12 бар (1,2 МПа)

Швидкість ходу поршня – 10 - 1000 мм/с,

Робоча температура – 5°C - +70°C.

Діаметр поршня – 40 мм.

Хід – 100 мм.

Марка деталі: “Pneumax” 1305.40.50.01 (ISO)

Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 9.0

В якості керуючого пристрою використовуємо моностабільний 5-лінійний розподільник з пружиним поверненням, 2-х позиційний Festo VMEM-S-M52-M.

Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 9.1

В якості датчиків положення штока циліндра використовуємо контактні датчики Festo S-3-BE.

Кількість – 2 шт.

Позначення на схемі – 9.2 та 9.3

## 2.10 Функціональний модуль 10 (ФМ10)

Призначений для переміщення палети до палетообмотчика.

В якості виконавчого пристрою виступає пневмоциліндр двосторонньої дії, поршневий, одноштоковий.

Технічні характеристики приводу:

Максимальний робочий тиск – 12 бар (1,2 МПа)

Швидкість ходу поршня – 10 - 1000 мм/с,

Робоча температура – 5°C - +70°C.

Діаметр поршня – 40 мм.

Хід – 100 мм.

Марка деталі: “Pneumax” 1305.40.50.01 (ISO)

Кількість – 1шт.

Позначення на схемі – 10.0

В якості керуючого пристрою використовуємо моностабільний 5-х лінійний розподільник з пружинним поверненням, 2-х позиційний Festo VMEM-S-M52-M.

Кількість – 1шт.

Позначення на схемі – 10.1

В якості датчиків положення штока циліндра використовуємо:

1) контактний датчик Festo S-3-BE, кількість – 1 шт., позначення на схемі – 10.2;

2) датчик тиску Festo SKDA-1.5-AB, кількість – 1 шт., позначення на схемі – 10.3.

## 2.11 Функціональний модуль 11 (ФМ11)

Призначений для обмотування мішків палетообмотчиком.

В якості виконавчого пристрою виступає пневмоциліндр двосторонньої дії, поршневий, одноштоковий.

Технічні характеристики приводу:

Максимальний робочий тиск – 12 бар (1,2 МПа)

Швидкість ходу поршня – 10 - 1000 мм/с,

Робоча температура – 5°C - +70°C.

Діаметр поршня – 40 мм.

Хід – 100 мм.

Марка деталі: “Pneumax” 1305.40.50.01 (ISO)

Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 11.0

В якості керуючого пристрою використовуємо – бістабільний 5-лінійний розподільник з двостороннім електромагнітним керуванням, 2-х позиційний Festo VHEM-PA-B52.

Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 11.1

В якості датчиків положення штока циліндра використовуємо контактні датчики Festo S-3-BE.

Кількість – 2 шт.

Позначення на схемі – 11.2 та 11.3

## 2.12 Функціональний модуль 12 (ФМ12)

Призначений для переміщення палети з лінії.

В якості виконавчого пристрою виступає пневмоциліндр двосторонньої дії, поршневий, одноштоковий.

Технічні характеристики приводу:

Максимальний робочий тиск – 12 бар (1,2 МПа)

Швидкість ходу поршня – 10 - 1000 мм/с,

Робоча температура – 5°C - +70°C.



Діаметр поршня – 40 мм.

Хід – 100 мм.

Марка деталі: “Pneumax” 1305.40.50.01 (ISO)

Кількість – 1 шт.

#### Позначення на схемі – 12.0

В якості керуючого пристрою використовуємо – бістабільний 5-лінійний розподільник з двостороннім електромагнітним керуванням, 2-х позиційний Festo VHEM-PA-B52.

Кількість – 1 шт.

#### Позначення на схемі – 12.1

В якості датчиків положення штока циліндра використовуємо контактні датчики Festo S-3-BE.

Кількість – 2 шт.

#### Позначення на схемі – 12.2 та 12.3

### 7.3 Виконання розробки логіки

Для знаходження логіки використовуємо метод функціонального графу.

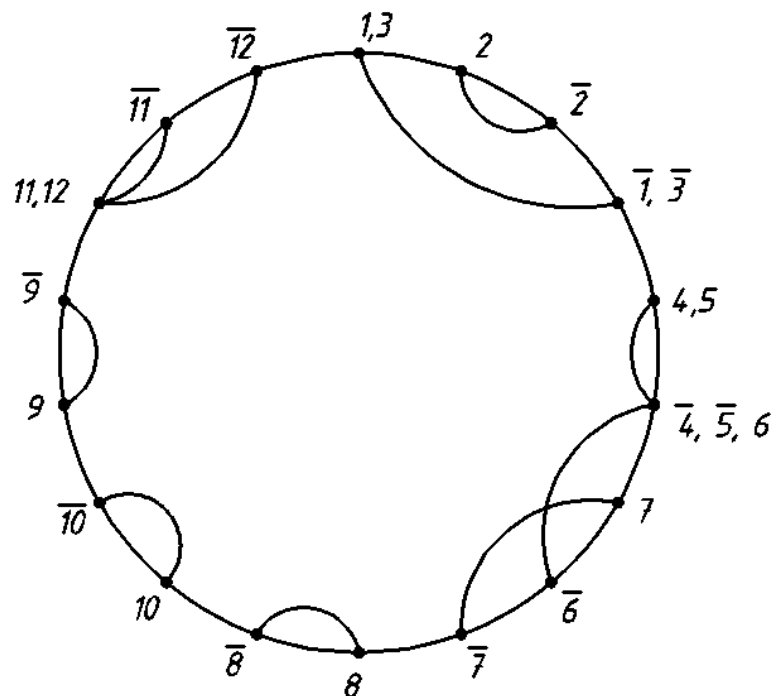


Рис.3.1 Функціональний граф по циклу

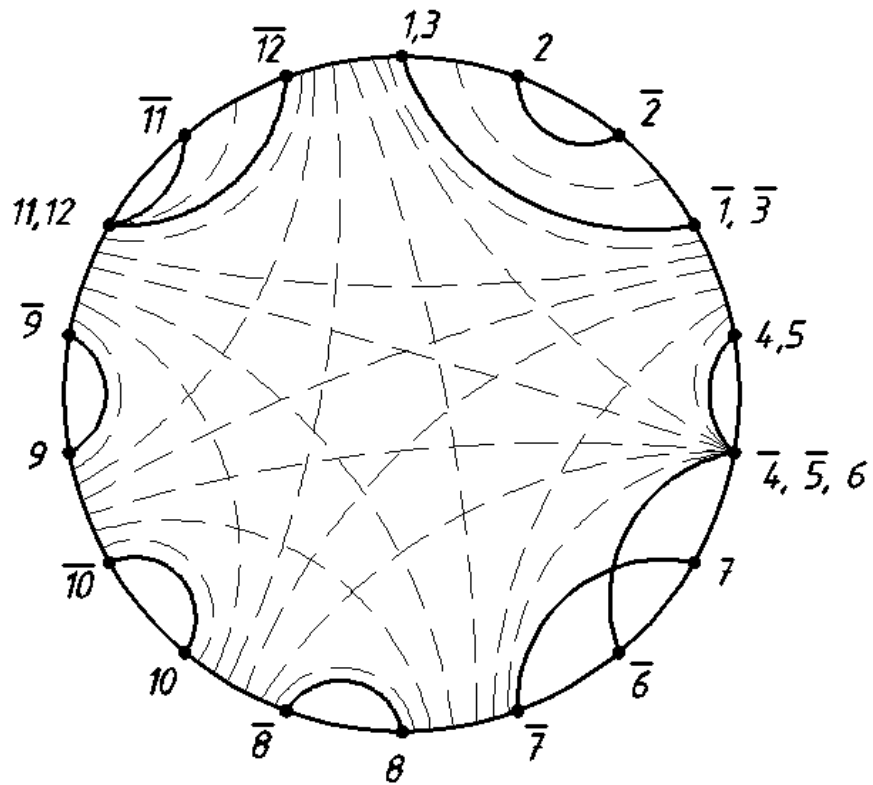


Рис.3.2 Функціональний граф по циклу з лініями невизначеності

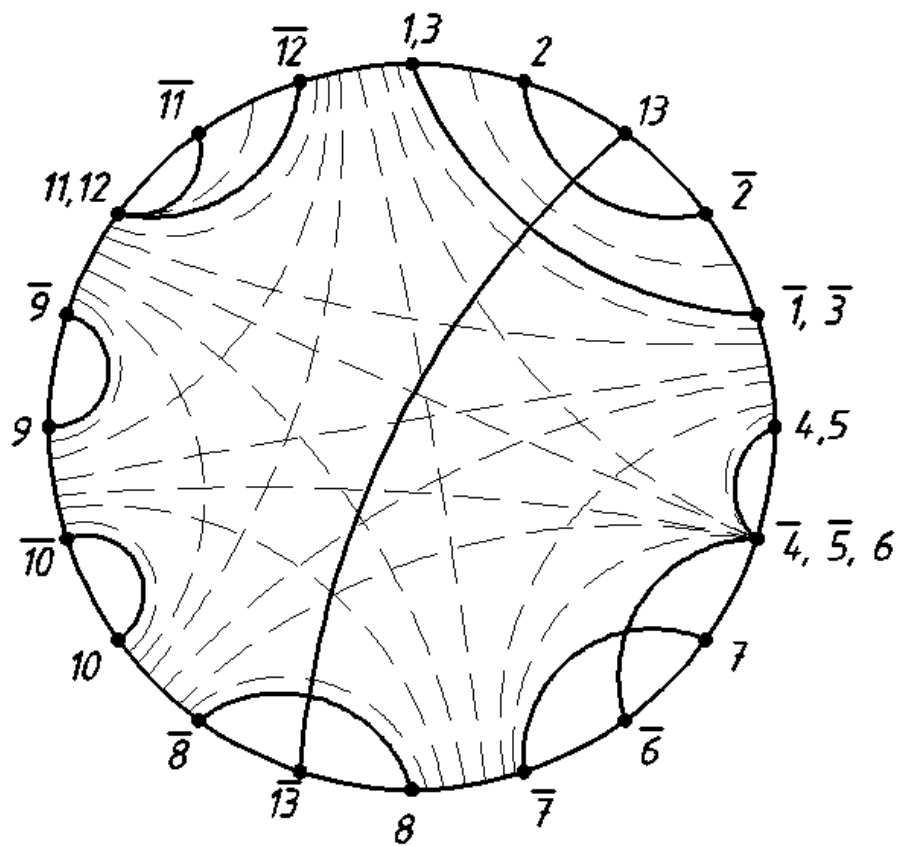


Рис.3.3 Функціональний граф по циклу з додаванням елементу пам'яті 13

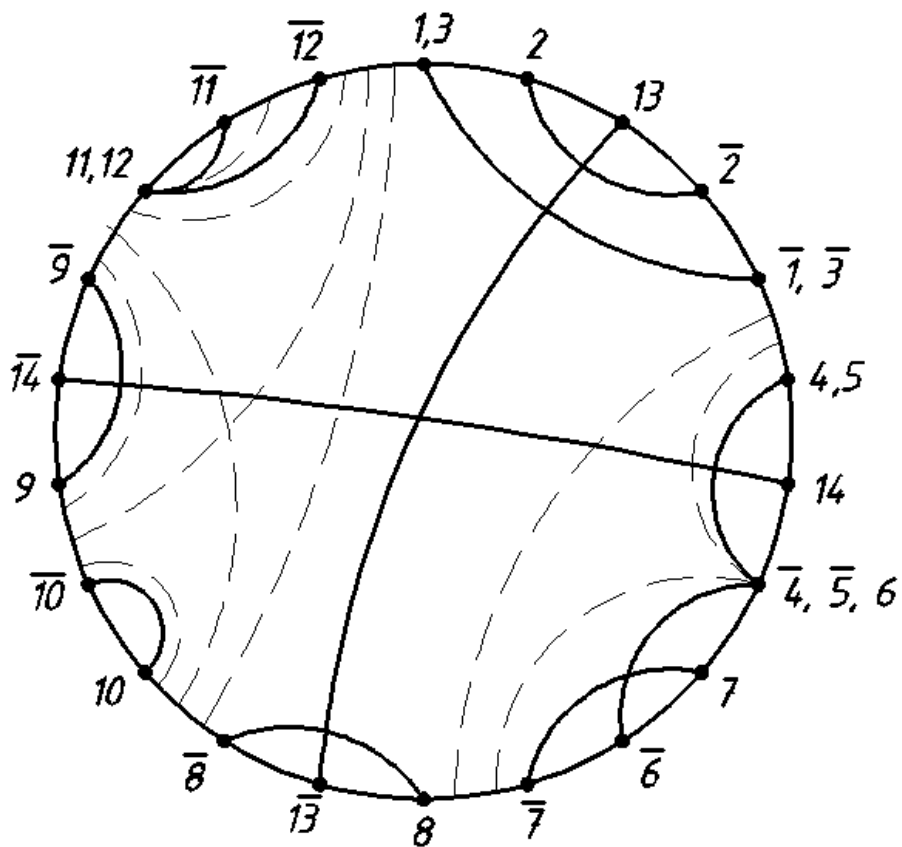


Рис.3.4 Функціональний граф по циклу з додаванням елементу пам'яті 14

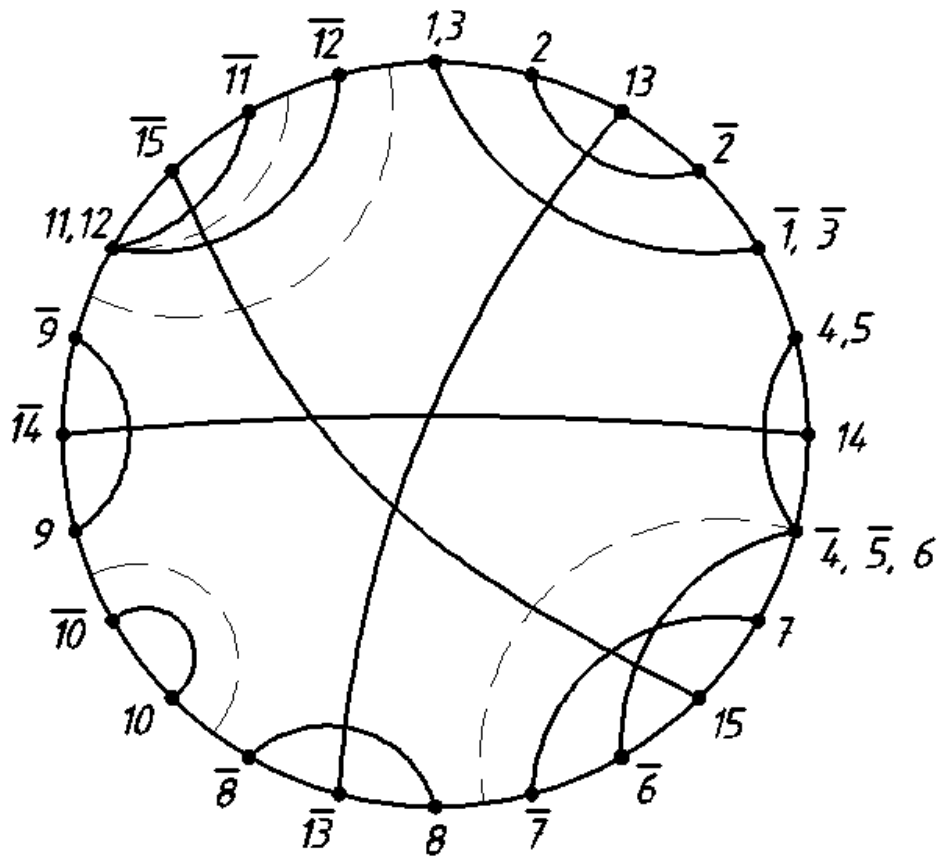


Рис.3.5 Функціональний граф по циклу з додаванням елементу пам'яті 15



$$Y_{13} \leq X_8$$

$$Y_{14} \leq X_9$$

$$Y_{15} \leq X_{11} \cdot X_{12}$$

$$Y_{16} \leq X_{11} \cdot X_{13}$$

Моностабільні:

$$Y_1 \leq X_{16} \cdot X_{14} \cdot X_{13} + \bar{X}_7$$

$$Y_2 \leq X_1 \cdot X_5 \cdot X_{13}$$

$$Y_3 \leq X_{16} \cdot X_{14} \cdot X_{13} + \bar{X}_7$$

$$Y_4 \leq X_7 \cdot X_5 \cdot X_{13} \cdot X_{14}$$

$$Y_5 \leq X_7 \cdot X_5 \cdot X_{13} \cdot X_{14}$$

$$Y_6 \leq X_{14} \cdot X_{13}$$

$$Y_7 \leq X_7 \cdot X_5 \cdot \bar{X}_8$$

$$Y_8 \leq X_7 \cdot X_{13} \cdot X_{13}$$

$$Y_9 \leq X_{10} \cdot X_{16} \cdot X_{14}$$

$$Y_{10} \leq X_5 \cdot X_{13} \cdot X_{14} \cdot X_{16}$$

$$Y_{11} \leq X_5 \cdot X_{14} \cdot X_{13}$$

$$Y_{12} \leq X_5 \cdot X_{14} \cdot X_{13} + X_{16}$$

$$Y_{13} \leq X_2 + X_{13} \cdot \bar{X}_8$$

$$Y_{14} \leq X_4 \cdot X_5 + X_{14} \cdot \bar{X}_9$$

$$Y_{15} \leq X_7 + X_{13} \cdot \bar{X}_{12} \cdot \bar{X}_{11}$$

$$Y_{16} \leq X_{10} \cdot X_{16} + X_{13} \cdot \bar{X}_{12}$$

Команди використані для заданого завдання (1,3,6,7,11,12 – бістабільні; 2,4,5,8,9,10 – моностабільні; 13,14,15,16 – елементи пам'яті):

$$Y_1 \leq X_{16} \cdot X_{13} \cdot X_{13}$$

$$Y_2 \leq X_1 \cdot X_5 \cdot X_{13}$$

$$Y_3 \leq X_{16} \cdot X_{13} \cdot X_{13}$$

$$Y_4 \leq X_7 \cdot X_5 \cdot X_{13} \cdot X_{14}$$

$$Y_5 \leq X_7 \cdot X_5 \cdot X_{13} \cdot X_{14}$$

$$Y_6 \leq X_{14} \cdot X_{13}$$

$$Y_7 \leq X_7 \cdot X_5 \cdot X_8$$

$$Y_8 \leq X_7 \cdot X_{13} \cdot X_{13}$$

$$Y_9 \leq X_{10} \cdot X_{16} \cdot X_{14}$$

$$Y_{10} \leq X_5 \cdot X_{13} \cdot X_{14} \cdot X_{16}$$

$$Y_{11} \leq X_5 \cdot X_{14} \cdot X_{13}$$

$$Y_{12} \leq X_5 \cdot X_{14} \cdot X_{13}$$

$$Y_{13} \leq X_2$$

$$Y_{14} \leq X_4 \cdot X_5$$

$$Y_{15} \leq X_7$$

$$Y_{16} \leq X_{10}$$

$$Y_1 \leq X_7 \cdot X_{13}$$

$$Y_3 \leq X_7 \cdot X_{13}$$

$$Y_5 \leq X_{13}$$

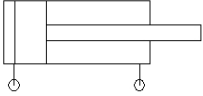
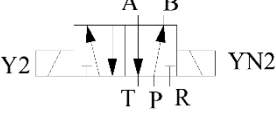
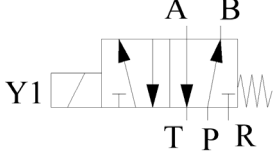
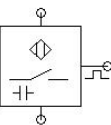
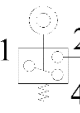
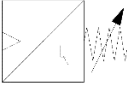
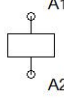
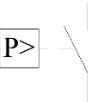


$$Y_7 \leq X_5$$


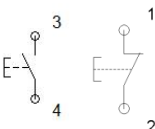
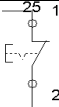
$$Y_{11} \leq X_{13}$$

$$Y_{12} \leq X_{11} \cdot X_{13}$$

$$Y_{13} \leq X_8$$

$$Y_{14} \leq X_9$$

№	Назва	Схема позначення	Фірма виробник	Маркування	Кількість
1	Пневмоциліндр одноштоковий двосторонньої дії		"Pneumax"	1305.40.50.01 (ISO)	12
2	Розподільник 5-лінійний, 2-позиційний, білий, з двостороннім електромагнітним керуванням		"Festo"	VHEM-PA-B52	6
3	Розподільник 5-лінійний, 2-позиційний, моностабільний, з одностороннім електромагнітним керуванням і пружинним поверненням		"Festo"	VMEM-S-M52-M	6
5	Ємнісний зконтактний датчик		"ТК НЕРГО"	ВБЕ	12
6	Контактний датчик		"Festo"	S-3-BE	11
7	Датчик по тиску		"Festo"	SKDA-1.5-AB	1
8	Реле		"Festo"	VPEV	29
9	Реле тиску		"Festo"	PE-1/8	1
10	NO ключ		"Festo"	P-22-SW	33
11	NC ключ		"Festo"	P-30-SW	23

12	Кнопка з перемикачем		“Festo“	T-22	12
13	Не фіксована кнопка		Wenzhou Electric Co.	XB2-BS542	2
14	Кнопка аварійної зупинки		Triconex	3900A	1

Тип датчика	Сигнал	Кількість сигналів	Кількість реле
Безконтактний	$X_1$	1	1
Безконтактний	$X_1$	1	1
Безконтактний	$X_2$	1	1
Безконтактний	$X_2$	1	1
Безконтактний	$X_3$	1	1
Безконтактний	$X_3$	1	1
Безконтактний	$X_4$	1	1
Безконтактний	$X_4$	1	1
Безконтактний	$X_5$	1	1
Безконтактний	$X_5$	1	1
Безконтактний	$X_6$	1	0
Безконтактний	$X_6$	1	0
Контактний	$X_7$	1	0
Контактний	$X_7$	1	0
Контактний	$X_8$	1	0
Контактний	$X_8$	1	0
Контактний	$X_9$	1	0
Контактний	$X_9$	1	0
Контактний	$X_{10}$	1	0
Контактний	$X_{10}$	1	0
Контактний	$X_{11}$	1	0
Контактний	$X_{11}$	1	0
Контактний	$X_{12}$	1	0
Елемент пам'яті	$X_{13}$	3	3
Елемент пам'яті	$X_{13}$	2	
Елемент пам'яті	$X_{13}$	3	
Елемент пам'яті	$X_{14}$	2	3
Елемент пам'яті	$X_{14}$	3	
Елемент пам'яті	$X_{14}$	2	
Елемент пам'яті	$X_{15}$	3	3
Елемент пам'яті	$X_{15}$	2	
Елемент пам'яті	$X_{15}$	3	
Елемент пам'яті	$X_{16}$	2	3
Елемент пам'яті	$X_{16}$	3	
Елемент пам'яті	$X_{16}$	2	



Було розглянуто функціональні модулі, побудовано графи згідно робочого циклу та додано елементи пам'яті для ліквідації логічних невизначеностей.

Також за допомогою системи FluidSIM побудовано відповідну схему робочого циклу технологічної схеми лінії з фасування сипучих продуктів у пакети з гнучких термозварювальних матеріалів з укладанням в картонні пачки.

В системі AutoCAD було виконано креслення схеми робочого циклу.

## **ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ**

Метою дипломної дисертації було проведення модернізації дозувально-фасувальної машини, яка знаходиться в лінії пакування алебастру в полімерні мішки. Для цього були проведені наступні етапи виконання роботи:

- дослідження недоліків конструкції базової машини;
- проведено огляд літератури та патентів з метою обрання модернізації дозувально-фасувальної машини.

Було переглянуто різноманітні ідеї вдосконалення дозувально-фасувальної машини та інших пристроїв, які входять до лінії пакування алебастру в полімерні мішки. Внаслідок цього було обрано із запропонованих найбільш вдалі внесення змін у конструкцію та остаточно обгрунтовано напрямки модернізації.

У базову машину при цьому було внесено вдосконалення конструкції пристрою для усунення склепінь, а саме встановлення додаткових елементів в бункер та на кришку бункера, та оснащення шнекового живильника додатковим патрубком.

Отже виконавши дані модернізацію конструкції досягається суттєве підвищення якості усунення склепінь, зменшення габаритних розмірів машини, спрощення конструкції, зниження енерговитрат, та полегшення обслуговуючих робіт, поліпшуються умови праці обслуговуючого персоналу і підвищується культура виробництва.

У дипломній дисертації в пояснювальній записці виконані розділи очікувані механіко-економічні показники та стартап-проект, охорони праці та механотроніка.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Справочник. / Под общей ред. А.В. Ферронской. —М.: Издательство АСВ, 2004 — 488с.
2. Расчет и конструирование вибрационных питателей. / Повидайло В.А. М.-К.: Машгиз, 1962., — 151 с.
3. Розрахунки основних процесів машин та апаратів хімічних виробництв: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / І.В. Коваленко, В.В. Малиновський. — К.: Норіта - плюс, 2007 — 214 с.
4. Патенти № 2625697 Росія ,бункер питатель со шнековой выгрузкой для порошков, склонных к сводообразованию , Ермолаев В.К... МПК B65G 65/46, B65D 88/64/ 18 07 2016
5. Патент № 2381164 Росия, Шнековый питатель./ Гаранин Л.П., Брехов Г.В.; МПК B65G 33/14 (2006.01).
6. Патент № 2259313 Росия, Шнековый дозатор ./ Галаган Юрій Олександрович; МПК B65D 88/68 (2000.01)
7. Патент № 2456224 Росия, Шнековый питатель./ Покушалов М.П., Герасимов М.Д.; МПК B65G 65/46 (2006.01)
8. Патент № 2483992 Росия, Дозатор для фасовочно-упаковочной машины./ закрытое акционерное общество «Таурас-Феникс»; B65B 3/08 (2006.01) B65B 1/12 (2006.01)
9. Патент № 2554919 Росия, Бункер питатель со шнековой выгрузкой./ Зятников П.Н., Демиденко А.А.; МПК B65G 65/46 (2006.01).
10. Патент № 87702 Україна, дозатор сипучих матеріалів./ Галаган Юрій Олександрович; МПК B65B1/12, 10 02 2014
11. Патент № 2406671 Росия, Бункер питатель для порошкообразных материалов./ Иванов А.Г., Демиденко А.А.; МПК B65D 88/26 (2006.01).
12. Патент № 2469928 Росия, Устройство для автоматического раскрытия и закрытия мешков. / Макаров А.М., Рабинович Л.А. МПК B65B

13. Патенти № 101244 Україна , машина для надівання чохла, Цзок Енріко, Ханен Райнер, Слободенюк Оксана Олександрівна. МПК В65В9/13,11 03 2009

14. Патент № 31966 Україна, стрічковий конвеєр./ Піпа Борис Федорович, Чабан Віталій Васильвич; МПК В65п15/00, 25 04 2008.

15. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

16. Юдіна Н. В. Визначення циклічних залежностей в економіці України на основі аналізу окремих макроекономічних показників. Економічний Вісник НТУУ «КПІ». №13(2016).  
<http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/80084/75643>

17. Юдина Н. В. Антикризисные маркетинговые инструменты инновационного развития предприятий / Н.В. Юдина // Маркетинг и финансы. – 2014. – Т. 1. – С. 60– 72.

18. Юдіна Н.В. Управління майбутнім на основі концепції інноваційного розвитку // Антикризове управління економікою України: нові виклики. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, КНЕУ ім. В.Гетьмана, 15-17 грудня 2015 року). – 2015. - С. 124-127. – Режим доступа : [http://futurollog.com.ua/blog\\_konferencia\\_kneu\\_2015\\_12\\_15.phtml](http://futurollog.com.ua/blog_konferencia_kneu_2015_12_15.phtml).

## ЗМІСТ

1 Розрахунки які підтверджують працездатність та основні геометричні розміри .....	
1.1 Кінематичні та параметричні розрахунки.....	
1.1.1 Кінематичний розрахунок приводу відвідного конвеєру пакувального автомату .....	
1.1.2 Розрахунки параметрів шнека шнекового живильника.....	
1.1.3 Розрахунок приводу шнека .....	
1.1.4 Параметричні розрахунки пакувального автомату .....	
1.1.5 Параметричний розрахунок пневмоциліндрів дозатора.....	
1.1.6 Параметричний розрахунок пневмоциліндрів зварних пристроїв .....	
1.2 Розрахунки на міцність.....	
1.2.1 Розрахунки шнека шнекового живильника на міцність ....	
1.3 Теплові розрахунки.....	
1.3.1 Розрахунок нагрівального елемента для термозварних пристроїв .....	
2 Розрахунки виконані з допомогою обчислювальних систем .....	
2.1 Розрахунки на міцність запропонованої модернізації механізму усунення склепінь методом СЕ.....	
2.2 Параметричні розрахунки шнекового живильника на мові програмування Fortran .....	
Висновки.....	
Перелік посилань.....	

# 1 РОЗРАХУНКИ ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА ОСНОВНІ ГЕОМЕТРИЧНІ РОЗМІРИ

## 1.1 Кінематичні та параметричні розрахунки

### 1.1.1 Кінематичний розрахунок приводу відвідного конвеєру пакувального автомату

При заданій потужності  $N_2$  вихідного валу необхідна потужність двигуна

$$N_{\text{дв}}^{\text{н}} = N_2 / \eta,$$

де  $\eta$  – ККД привода рівний добутку ККД

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3^2$$

де  $\eta_1$  – ККД муфти=0/99;

$\eta_2$  – ККД передачі=0/96-0/98;

$\eta_3$  – ККД підшипників кочення=0.995;

Частоту обертання електродвигуна вибирають так, щоб передаточне число окремих передач було оптимальним. Отже передаточне число зубчатих передач

$$u_{\text{опт}} = \frac{n_1}{n_2}$$

де  $n_1$  – асинхронна частота обертання електродвигуна, об/хв.;

$n_2 = 70$  об/хв – частота обертання вихідного валу, об/хв.

По формулі розраховуємо ККД привода:

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3^2 = 0,99 \cdot 0,96 \cdot 0,995^2 = 0,94$$

де  $\eta_1 = 0.99$ ;  $\eta_2 = 0.96$ ;  $\eta_3 = 0.995$

та необхідну потужність двигуна

$$N_{\text{дв}}^{\text{н}} = N_2 / \eta = 1 / 0,94 = 1,07 \text{ кВт}$$

Приймаємо 1,1 кВт

Орієнтовна частота обертання двигуна

Оптимальне передаточне число одноступеневого редуктора з циліндричними прямозубими колесами 2...7.5. Тоді по формулі:

$$u_{\text{дв}}^{\text{оп}} = n_2 \cdot u = 70 \cdot 2 = 140 \text{ об/хв.}$$

Вибір електродвигуна.

По каталогу вибираємо асинхронний електродвигун з такими параметрами:

Тип двигуна: АИР71В2

Потужність:  $N_{\text{дв}} \approx 1,1 \text{ кВт}$ ;

Частота обертання:  $n_{\text{дв}} = 175 \text{ об/хв}$

Діаметр вихідного вала двигуна:  $d_{\text{дв}} = 40 \text{ мм.}$

Передаточне число редуктора:

$$u = \frac{n_1}{n_2} = 175/70 = 2,5$$

Потужність на валах приводу:

$$N_2 = 1 \text{ кВт}$$

$$N_1 = N_2 / \eta = 1 / 0.94 = 1,1 \text{ кВт}$$

Частота обертання валів:

$$n_1 = 175 \text{ об/хв}$$

$$n_2 = 70 \text{ об/хв}$$

Кутові швидкості на валах:

$$\omega_1 = \pi n_1 / 30 = (3.14 \cdot 175) / 30 = 21,2 \text{ рад/с}$$

$$\omega_2 = \pi n_2 / 30 = (3.14 \cdot 70) / 30 = 12,4 \text{ рад/с}$$

Крутні моменти на валах редуктора

$$T_1 = N_1 / \omega_1 = 1,1 \cdot 10^3 / 21,2 = 52,2 \text{ Н·м}$$

$$T_2 = N_2 / \omega_2 = 1 \cdot 10^3 / 12,4 = 104,4 \text{ Н·м}$$

Розрахунок зубчатої передачі

Визначаємо міжосьову відстань з умови контактної витривалості активних поверхонь зубців:

$$a_w = K_a \cdot (U + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{T_3 \cdot K_{\text{HB}}}{[\sigma_H]^2 \cdot U^2 \cdot \psi_{\text{ва}}}},$$

де  $K_{\text{HB}}$  - коефіцієнт, враховуючий нерівномірність розподілення навантаження по ширині вінця,  $K_{\text{HB}} = 1,25$  ;

$\psi_{\text{ва}}$  - коефіцієнт ширини вінця по міжосьовій відстані,  $\psi_{\text{ва}} = 0,8$

$$a_w = 43 \cdot (2 + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{412 \cdot 10^3 \cdot 1,25}{410^2 \cdot 2^2 \cdot 0,8}} = 133 \text{ мм}$$

Вибираємо значення міжосьової відстані зі стандартного ряду  $a_w = 160 \text{ мм}$

Визначаємо нормальний модуль зачеплення:

$$m_H = (0,01 \div 0,02) \cdot a_w,$$

$$m_H = 0,01 \cdot 160 \div 0,02 \cdot 160 = 1,6 \div 3,2.$$

Приймаємо стандартне значення модуля  $m_H = 2$ ,

Попередньо приймаємо кут нахилу зубців  $\beta = 30^\circ$

Визначаємо число зубців шестірні і колеса:

$$Z_1 = \frac{2a_w \cdot \cos \beta}{(U + 1) \cdot m_H},$$

$$Z_1 = \frac{2 \cdot 160 \cdot 0,866}{(2 + 1) \cdot 2} = 60,2$$

Приймаємо  $Z_1 = 60$ , тоді:

$$Z_2 = Z_1 \cdot U,$$

$$Z_2 = 60 \cdot 2,5 = 150$$

Приймаємо  $Z_2 = 150$

Основні розміри шестерні і колеса, діаметри ділильні:

$$d_1 = \frac{m_H}{\cos \beta} \cdot Z_1,$$

$$d_1 = \frac{2}{0,859} \cdot 60 = 91 \text{ мм}$$

$$d_2 = \frac{m_H}{\cos \beta} \cdot Z_2,$$

$$d_2 = \frac{2}{0,859} \cdot 150 = 229 \text{ мм}$$

Діаметри вершин зубців:

$$d_{a_1} = d_1 + 2 \cdot m_H,$$

$$d_{a_1} = 91 + 2 \cdot 2 = 95 \text{ мм}$$

$$d_{a_2} = d_2 + 2 \cdot m_H,$$



$$d_{a_2} = 229 + 2 \cdot 2 = 233 \text{ мм}$$

Ширина колеса:

$$b_2 = \psi_{\text{ва}} \cdot a_W = (0,5 \div 1) \cdot a_W ,$$

$$b_2 = 0,5 \cdot 160 \div 1 \cdot 160 = 80 \div 160 \text{ мм} , \text{ приймаємо } b_2 = 80$$

Ширина шестерні:

$$b_1 = b_2 + 5 ,$$

$$b_1 = 80 + 5 = 85 \text{ мм} .$$

### 1.1.2. озрахунки параметрів шнека шнекового живильника

Гвинтовий живильник використовують для рівномірної подачі порошкових матеріалів.

Живильник складається з металевого циліндричного корпусу, всередині якого обертається шнек.

Вихідні дані:

$L = 2,5$  м – довжина шнекового живильника;

Продуктивність гвинтового живильника розраховується за формулою:

$$P_v = 3600 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} S \cdot n \cdot \psi \text{ м}^3/\text{год}$$

де  $D$  – діаметр гвинта, м

$S$  – крок гвинта, м

$n$  – число обертів валу, об/сек

$\psi$  – коефіцієнт заповнення корпусу, при подачі шматкових матеріалів.

При подачі цементу під напором  $\psi = 1$

$$P_v = 3600 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,25^2}{4} 0,2 \cdot 1,5 \cdot 1 = 52,3 \text{ м}^3/\text{год}$$

Кут нахилу  $\beta = 0^\circ$

Вантаж що транспортується – алебастр;

Найбільше значення  $n_{\text{вм}}$  визначаємо за формулою:

$$n_{\text{в.м.}} = \frac{A}{\sqrt{D}} = \frac{45}{\sqrt{250}} = 85 \text{ об/хв}$$

де А- розрахунковий коефіцієнт, для алебастру А=45

Розрахунок геометрії шнеку:

$$d = 0,8 \text{ } D=0,25 \text{ } S=0,2 \text{ м}$$

У розроблюваній машині проектуємо змінний крок, збільшуючи його значення у напрямку вивантаження матеріалу, для забезпечення кращої роботи, і уникнення явища ущільнень між витками шнека.

Кут нахилу витка по ГОСТ 2037-65 вибираємо 40°

Зовнішній діаметр шнека, D розрахований – розраховуємо внутрішній діаметр витка шнека за формулою:

$$d_o = \frac{(D-d)\sqrt{S^2 + (\pi d)^2}}{\sqrt{S^2 + (\pi D)^2} - \sqrt{S^2 + (\pi d)^2}} =$$

$$\frac{(0,25 - 0,07)\sqrt{(0,2)^2 + (3,14 \cdot 0,08)^2}}{\sqrt{(0,2)^2 + (3,14 \cdot 0,25)^2} - \sqrt{0,2^2 + (3,14 \cdot 0,08)^2}} = 0,09 \text{ м}$$

де d – діаметр вала шнека, d = 0,08 м

Потужність:

$$N_0 = \frac{n_u \cdot \Pi}{367} (L \cdot \omega_0 \pm H)$$

$$N_0 = \frac{1,4 \cdot 500}{367} (2,5 \cdot 4 + 0) = 5,6 \text{ кВт}$$

Потужність двигуна:

$$N_p = \frac{N_0}{\eta_m} = \frac{5,6}{0,8} = 7 \text{ кВт}$$

### 1.1.3 Розрахунок приводу шнека

Підбираємо електродвигун серії

4А ГОСТ 1923-81:

Номінальна потужність  $N_{\text{ном}} = 7 \text{ кВт}$

Частота обертання при номінальному навантаженні  $n_{\text{ном}} = 730 \text{ об/хв}$

Передаточне відношення привода:

$$U = n_{\text{ном}} / n_T = 730 / 90,28 = 8,09$$

де частота обертання тихохідного вала редуктора -

$$n_T = 60v / (\pi D) = 60 \cdot 1,3 / (\pi \cdot 0,275) = 90,28 \text{ об/хв}$$

Фактичне передаточне відношення редуктора

$$U_\phi = U_p \cdot U_k = 3,55 \cdot 2,24 = 7,95 \approx U$$

Дійсні частоти обертання валів редуктора:

$$n_6 = n_{\text{ном}} / U_k = 730 / 2,24 = 325,89 \text{ об / хв}$$

$$n_T = n_6 / U_p = 325,89 / 3,55 = 91,80 \text{ об / хв}$$

#### 1.1.4 Параметричні розрахунки пакувального автомату

Визначення технічної продуктивності фасувальних машин для сипучих продуктів та штучних виробів здійснюється з урахуванням внециклових витрат часу на допоміжні операції і випуск дефектної продукції.

Технічна продуктивність  $\Pi$  (кг/ год) машин багатопозиційних і з пакетоформуючими пристроями для фасування сипучих продуктів та штучних виробів визначається за наступною формулою:

$$\Pi = 100gnK_\Pi K_y K_k K_o,$$

де  $g$  - маса дози продукту або штучного виробу, кг,

$n$  - максимальне число робочих циклів в хвилину за паспортом машини;

$K_\Pi$  - коефіцієнт корисної дії дозуючого пристрою або живильника ( $K_\Pi = 0,95 \dots 1,0$ );

$K_y$  - коефіцієнт, що враховує втрати часу на заправку пакувальних матеріалів ( $K_y = 0,92 \dots 0,96$ );

$K_k$  - коефіцієнт, що враховує сипучість та інші структурно-механічні властивості фасованого продукту ( $K_k = 0,90 \dots 1,0$ );

$K_o$  - коефіцієнт, що враховує випуск дефектної продукції ( $K_o = 0,90 \dots 0,98$ ).

$$\Pi = 100 \cdot 50 \cdot 4 \cdot 0,95 \cdot 0,92 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 14160 \text{ кг/год}$$

### 1.1.5. Параметричний розрахунок пневмоциліндрів дозатора

Тиск повітря в магістралі:

$$P_M = 0,4 \text{ МПа}$$

Хід виконавчого механізму:

$$S = 0,05 \text{ м}$$

час спрацювання механізму:

$$T = 5 \text{ с}$$

ефективна площа вхідного отвору:

$$f_r = 4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

початкова і приведена координати поршня:

$$x_{01} = x_{02} = 0,01 \text{ м}$$

зусилля необхідне для піднімання продукції:

$$P_{руш} = 125 \text{ Н}$$

Необхідне зусилля визначаємо за формулою:

$$P_{руш} = F_k \cdot P_M$$

$P_M$ -робочий тиск у пневмоциліндрі. Звідси:

$$F_k = P_{руш} / P_M = 125 / 0,4 \cdot 10^2 = 3,125 \text{ см}^2$$

Виходячи з величини значення  $F_k$  підбираємо діаметри поршня і штока:

$$F_{ш} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 10^2}{4} = 78,5 \text{ мм}^2$$

$$F_{шп} = F_k + F_{ш} = 3,125 + 78,5 = 81,625 \text{ мм}^2$$

Діаметр поршня:

$$D_{п} = \sqrt{\frac{4 F_{шп}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 81,625}{3,14}} = 10,2 \text{ мм}$$

Приймаємо  $D_{п} = 32 \text{ мм}$

Розраховуємо площу робочої поверхні поршня:

$$F_{п1} = \frac{\pi D_{п}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,032^2}{4} = 0,0008 \text{ м}^2$$

штока:

$$F_{ш} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 0.01^2}{4} = 0.000785 \text{ м}^2$$

Площа вихлопної порожнини:

$$F_{n2} = F_{n1} - F_{ш} = 0,0008 - 0,000785 = 0,000015 \text{ м}^2$$

Маса рухомих частин пневмопривода 0,4 кг

### 1.1.6. Параметричний розрахунок пневмоциліндрів зварних пристроїв

Вибираємо одноштоковий пневмоциліндр

Тиск повітря в магістралі:

$$P_M = 0,4 \text{ МПа}$$

Визначення основних параметрів пневмоциліндрів

$$L = 0,1 \text{ м}$$

$$a = 4 \text{ м/с}^2$$

Де L-довжина ходу поршня.

де a -пришвидчення,вибираємо з довідника

Швидкість прямого і зворотнього ходу поршня визначається за формулою:

$$V = 0,5 \cdot \sqrt{a \cdot L} = 0,316 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Діаметр поршня визначається за формулою:

$$D = K_{\text{зап}} \cdot \sqrt{4 \cdot \frac{F}{P \cdot \pi \cdot \eta}} = 0,023$$

Де F-140 Н

де,  $K_{\text{зап}}$  - коефіцієнт запасу ( $K_{\text{зап}} = 1,15 \dots 1,25$ );

$\eta = 0,85$  - к.к.д. пневмоциліндра.

Приймаємо  $D = 40 \text{ мм}$

Діаметр штока  $d = 18 \text{ мм}$

Зусилля ( $F_{\text{пр}}$ ) та швидкість ( $v_{\text{пр}}$ ) штока циліндра при прямому ході

$$F_{\text{пр}} = F = 140 \text{ Н.}$$

$S_1, S_2$  - площа поршня з безштокової та штокової сторони

$$S_1 = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = 1.257 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$S_2 = \pi \cdot \frac{(D^2 - d^2)}{4} = 1.002 \cdot 10^{-3}$$

( $F_{\text{зв}}$ ) та швидкість зусилля ( $v_{\text{зв}}$ ) штока циліндра при зворотному ході :

$$F_{\text{зв}} = k_{\text{зв}} \cdot P \cdot S_1 \cdot \eta_{\text{ц}} = 60.826 \text{ Н}$$

Де-  $\eta_{\text{ц}} = 0.85$

## 1.2.Розрахунки на міцність

### 1.2.1 Розрахунки шнека шнекового живильника на міцність

Вихідні дані:

Діаметр шнека  $D = 0,25 \text{ м}$ ;

Довжина шнека  $L = 2,5 \text{ м}$ ;

Діаметр осердя  $d = 0,08 \text{ м}$ ;

Розраховуємо внутрішній діаметр витка шнека  $d_0 = 0,09 \text{ м}$ ;

Частота обертання шнека  $n = 120 \text{ об/хв}$ ;

Передана потужність  $N = 4 \text{ кВт}$ .

Розрахунок шнека на міцність – перевірка запроєктованих на підставі попередніх розрахунків розмірів шнека і визначення максимального прогину. На шнек діє сила  $P_{\text{ос}}$ , крутний момент  $M_{\text{кр}}$  і рівномірно розподілене навантаження  $q$  від дії власної ваги гвинта. Сили  $P_{\text{ос}}$  и  $q$  викликають прогин шнека  $f$ .

Визначимо максимальний момент кручення, діючий на шнек:

$$M_{\text{кр. max}} = 9736 \cdot \frac{N}{n} = 9736 \cdot \frac{4}{120} = 324,53 \text{ Нм}$$

Осьова сила, яка діє на шнек:

$$T_{oc.} = \frac{2 \cdot M_{кр.}}{D} \cdot tg \varphi = \frac{2 \cdot 324,53}{0,25} \cdot tg 40 = 2178,5 \text{ Н}$$

де  $\varphi$  – кут нахилу гвинтової лінії шнека

Власна вага черв'яка G:

$$G = \left( \frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4} \right) \cdot L \cdot \rho \cdot g = \frac{3,14 \cdot (0,25^2 - 0,08^2)}{4} \cdot 1,11 \cdot 1200 \cdot 9,8 = 574,8 \text{ Н}$$

Розподілене навантаження від власної ваги q:

$$q = \frac{G}{L} = \frac{574,8}{1,11} = 517,8 \text{ Н/м}$$

Полярний момент інерції:

$$I = \frac{\pi \cdot d^4 (1 - \alpha^4)}{64} = \frac{3,14 \cdot 0,08^4 (1 - 0,89^2)}{64} = 41,7 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$$

$\alpha$  – відношення,

$$\alpha = \frac{d_0}{d} = \frac{0,08}{0,09} = 0,89$$

Площа небезпечного перетину – перехід циліндру у нарізку:

$$F = \frac{\pi \cdot (D^2 - d_0^2)}{4} = \frac{3,14 \cdot (0,25^2 - 0,08^2)}{4} = 44 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Радіус інерції:

$$i = \sqrt{\frac{I}{F}} = \sqrt{\frac{41,7 \cdot 10^{-8}}{44 \cdot 10^{-3}}} = 0,92 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Ступінь жорсткості черв'яка:

$$\lambda = \frac{M \cdot L}{i} = \frac{324,53 \cdot 2,5}{0,92 \cdot 10^{-3}} = 881,9 \cdot 10^3$$

Полярний момент опору:

$$W = \frac{\pi \cdot d^3 (1 - \alpha^3)}{32} = \frac{3,14 \cdot 0,08^3 (1 - 0,89^3)}{32} = 8,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Дотичні напруження:

$$\tau = \frac{M_{кр.}}{W} = \frac{324,53}{8,5 \cdot 10^{-6}} = 38,1 \text{ МПа}$$

Нормальні напруження:

$$\sigma_{ос.} = \frac{T_{ос.}}{F} = \frac{2178,5}{44 \cdot 10^{-3}} = 49,5 \text{ МПа}$$

Еквівалентна напруження:

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma_{ос.}^2 + \tau^2} = \sqrt{49,5^2 + 38,1^2} = 62,46 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт запасу міцності:

$$n = \frac{\sigma_{тек.}}{\sigma_e} = \frac{230}{62,46} = 2,7$$

де  $\sigma_{тек.}$  - границя текучості,  $\sigma_{тек.} = 230 \text{ МПа}$  для сталі 38МЮА

$$\kappa = \sqrt{\frac{T_{ос.}}{E \cdot I}} = \sqrt{\frac{2178,5}{2 \cdot 10^{11} \cdot 41,7 \cdot 10^{-8}}} = 0,52$$

$$A = \frac{q \left[ L - \frac{1}{\kappa} \sin(\kappa L) \right]}{\kappa \cdot \cos(\kappa L)} = \frac{1217,57 \left[ 1,11 - \frac{1}{0,52} \cdot \sin(0,52 \cdot 1,11) \right]}{0,52 \cdot \cos(0,52 \cdot 1,11)} = 11284$$

Величина зазору:

$$\delta = \frac{1}{E \cdot I} \left[ \frac{q}{\kappa^2} \left( \frac{1}{\kappa^2} + \frac{L_p}{2} \right) - \frac{1}{\kappa} \left( \frac{q}{\kappa^3} + A \cdot L_p \right) \cos(\kappa L_p) - \frac{1}{q} \left( \frac{q L_p}{\kappa} - A \right) \sin(\kappa L_p) \right] = \frac{1}{2 \cdot 10^{11} \cdot 6,72 \cdot 10^{-8}}$$

$$\left[ \frac{1217,57}{0,52^2} \left( \frac{1}{0,52^3} + \frac{1,11}{2} \right) - \frac{1}{0,52} \left( \frac{1217,57}{0,52^3} + 11284 \cdot 1,11 \right) - \frac{1}{0,52} \left( \frac{1217,57 \cdot 1,11}{0,52} - 11284 \right) \right] =$$

$$= 7 \text{ мм} = 0,007 \text{ м.}$$

$$\delta \leq \delta_{зад.}$$

$$\delta_{зад} = 0,015 \text{ мм з геометрії шнека.}$$

$$0,007 \leq 0,015$$



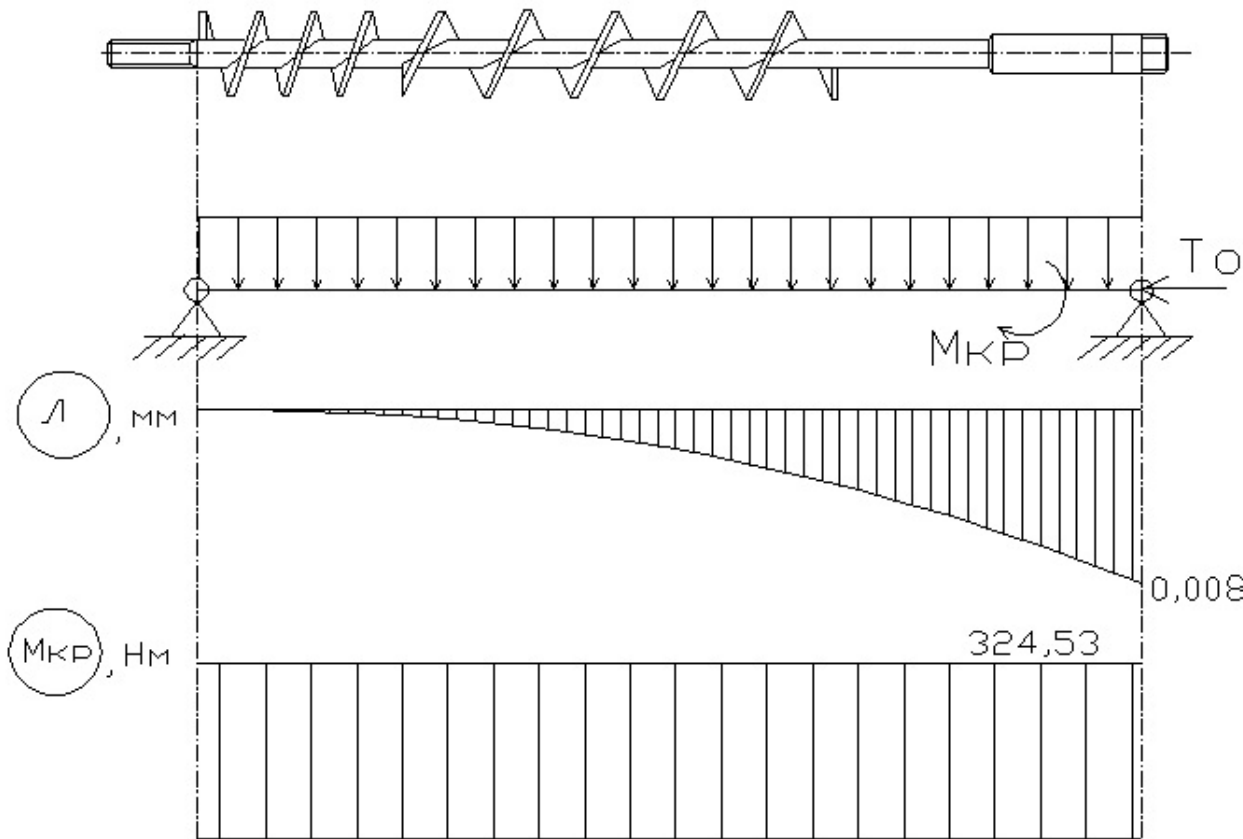


Рис. 1.1.Схема навантаження шнеку

### 1.3.Теплові розрахунки.

#### 1.3.1. Розрахунок нагрівального елемента для термоварних пристроїв.

Потужність нагрівального елемента, по-перше, повинна забезпечити швидке нагрівання термоварного пристрою (ножа, ролика або губки) при пуску машини, по-друге, бути достатньою для підтримки його необхідної температури при роботі машини.

Розрахунок потужності нагрівального елемента  $N_n$  (кВт) при виході машини на робочий режим можна виконати за такою формулою:

$$N_n = Q / \tau, = 264/15=17,6 \text{ кДж}$$

де  $Q$  - кількість необхідної теплоти, кДж;

$\tau$  - максимально допустима тривалість пуску машини (зазвичай  $\tau = 15$  хв).

Необхідна теплота  $Q$  (кДж) витрачається на підвищення температури термозварного пристрою і частково втрачається за рахунок променистого і конвективного теплообміну з навколишнім середовищем:

$$Q = 1,2Mc(t_k + t_o),$$

де 1,2 - коефіцієнт теплових втрат при розігріві,

$M$  - маса термосварюваного пристрою ( $M = 1,0 \dots 2,0$  кг),

$c$  - питома теплоємність сталі ( $c = 0,5$  кДж / (кг  $\times$  К)) ;

$t_o, t_k$  - відповідно початкова і кінцева температури пристрою ( $t_o = 20$  ° С,  $t_k = 200$  ° С).

$$Q = 1,2 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot (200 + 20) = 264 \text{ кДж}$$

Потужність  $N_p$  (кВт) нагрівального пристрою при роботі машини розраховується за формулою:

$$N_p = [1,4P_{\max} M_m c_m (t_c - t_n)] / 3600m,$$

де 1,4 - коефіцієнт теплових втрат при роботі машини;

$P_{\max}$  - максимальна продуктивність машини, кг / год;

$m$  - маса продукту в упаковці, кг;

$M_m$  - маса пакувального матеріалу, що знаходиться в зоні зварювання (зазвичай  $M_m = 0,002$  кг);

$c_m$  - питома теплоємність пакувального матеріалу ( $c_m = 1,6$  кДж / (кг  $\times$  К));

$t_n, t_c$  - відповідно початкова температура пакувального матеріалу і необхідна температура зварного шва ( $t_n = 20$  ° С,  $t_c = 170$  ° С).

$$N_p = 1,4 \cdot 1800 \cdot 0,002 \cdot 1,6 \cdot (170 - 20) / 3600 \cdot 1 = 0,47 \text{ кВт}$$

Необхідна мінімальна потужність нагрівального елемента  $N_p = 0,47$  кВт

## 2 РОЗРАХУНКИ ВИКОНАНІ З ДОПОМОГОЮ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

### 2.1 Розрахунки на міцність запропонованої модернізації механізму усунення склепінь методом СЕ

Проведено розрахунки на міцність запропонованої модернізації дозувально-фасувальної машини, а саме елемента усунення склепінь - стрижня.

Метою розрахунків є вибір форми стрижня.

Було розроблено три варіанти побудови стрижня: циліндричної, ромбічної та прямокутної форми (рис.2.2, рис.2.3, рис.2.4). Змодельована ситуація заклинення шарніру, та накладені наступні граничні умови на три моделі (рис.2.5, рис.2.6, рис.1.8):

довжина стержня - 3400 мм.,

матеріал - сталь 12МХ (рис.2.1).

	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Material Field Variables	Table			
3	Density	7850	kg...		
4	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion				
5	Coefficient of Thermal Expansion	1,2E-05	C^-1		
6	Isotropic Elasticity				
7	Derive from	Young's Modulu...			
8	Young's Modulus	2E+11	Pa		
9	Poisson's Ratio	0,3			
10	Bulk Modulus	1,6667E+11	Pa		
11	Shear Modulus	7,6923E+10	Pa		
12	Alternating Stress Mean Stress	Tabular			
16	Strain-Life Parameters				
24	Tensile Yield Strength	2,5E+08	Pa		
25	Compressive Yield Strength	2,5E+08	Pa		
26	Tensile Ultimate Strength	4,6E+08	Pa		
27	Compressive Ultimate Strength	0	Pa		

Рисунок 2.1 Характеристики матеріалу

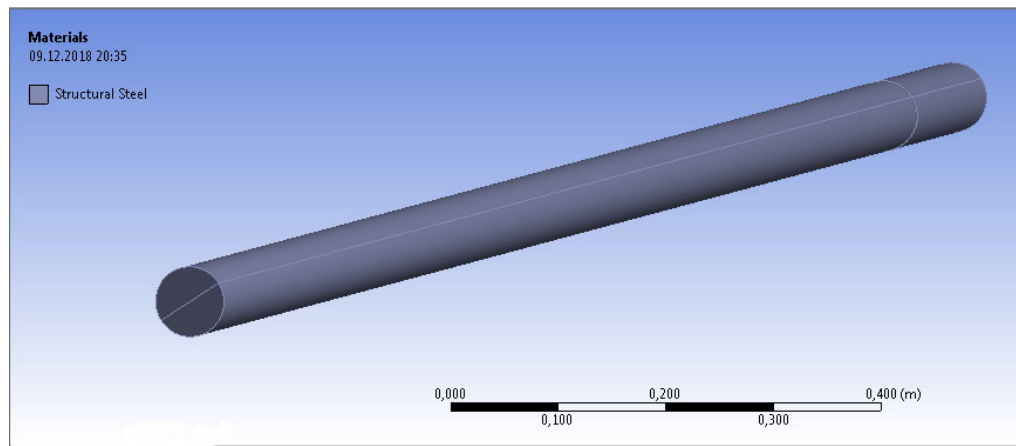


Рисунок 2.2 Стрижень циліндричної форми

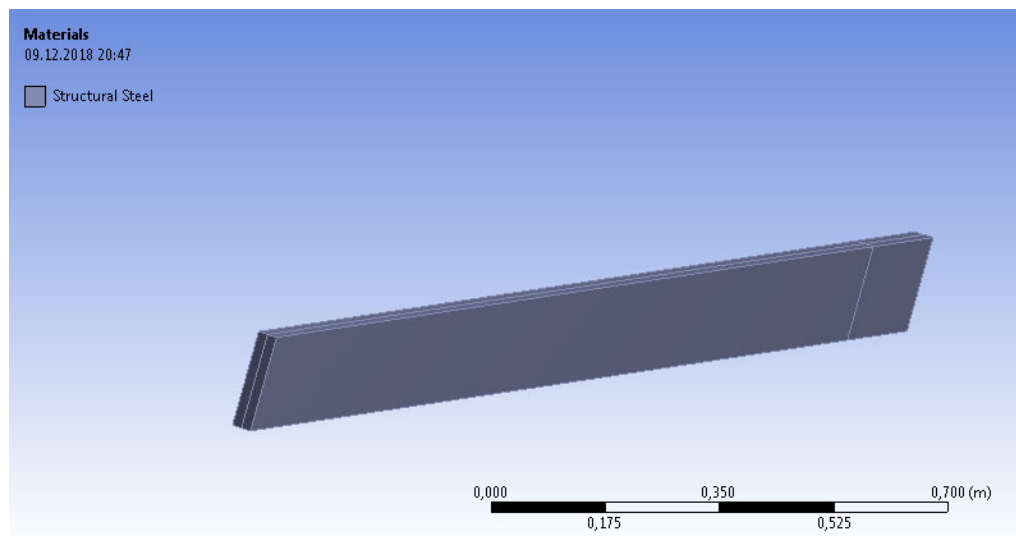


Рисунок 2.3 Стрижень прямокутної форми

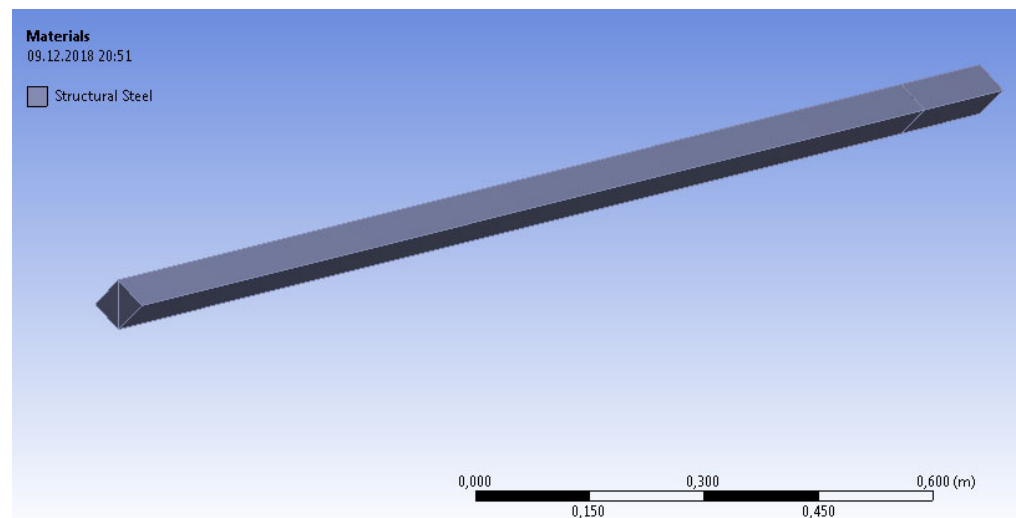


Рисунок 2.4 Стрижень ромбічної форми

A: Static Structural

Static Structural

Time: 1, s

16.12.2018 13:44

A Force: 1730, N  
B Displacement

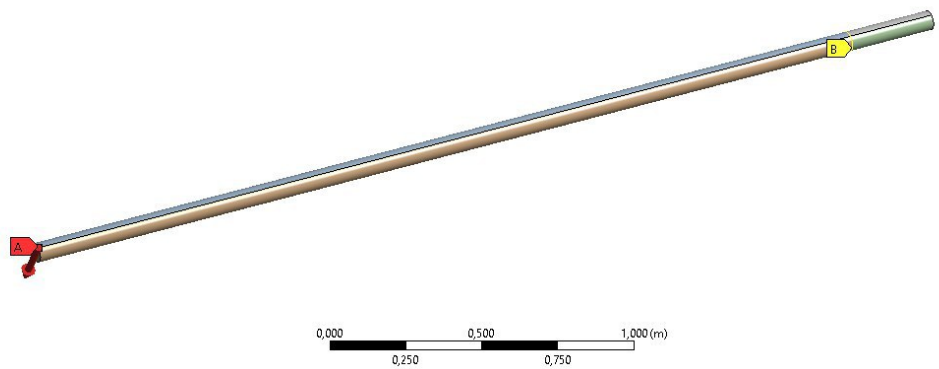


Рисунок 2.5 Граничні умови стрижня циліндричної форми

B: Copy of Static Structural

Static Structural

Time: 1, s

16.12.2018 13:46

A Displacement  
B Force: 1110, N

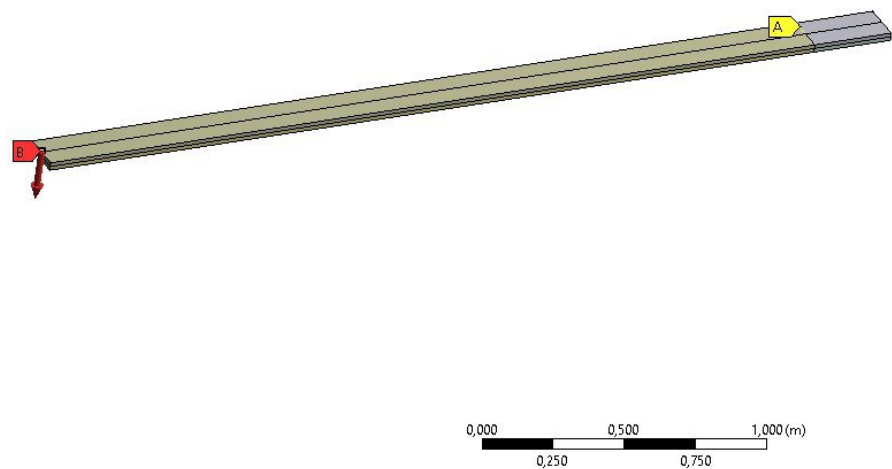


Рисунок 2.6 Граничні умови стрижня прямокутної форми

C: Static Structural

Static Structural

Time: 1, s

16.12.2018 13:47

A Displacement  
B Force: 1000, N

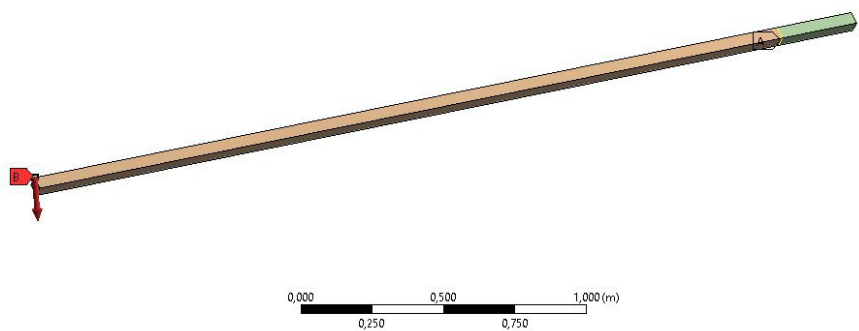


Рисунок 2.7 Граничні умови стрижня ромбічної форми

Був проведений розрахунок трьох моделей на еквівалентні напруження (рис. 2.8, рис.2.9, рис.2.10), деформації вздовж осі Y (рис 2.11, рис.2.12, рис.2.13) та запас міцності (рис.2.14, рис.2.15, рис.2.16).

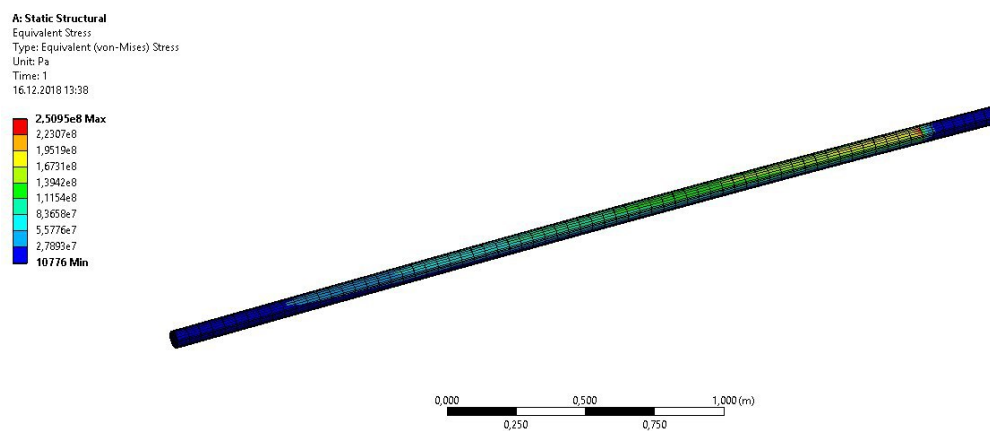


Рисунок 2.8 Еквівалентні напруження стрижня циліндричної форми

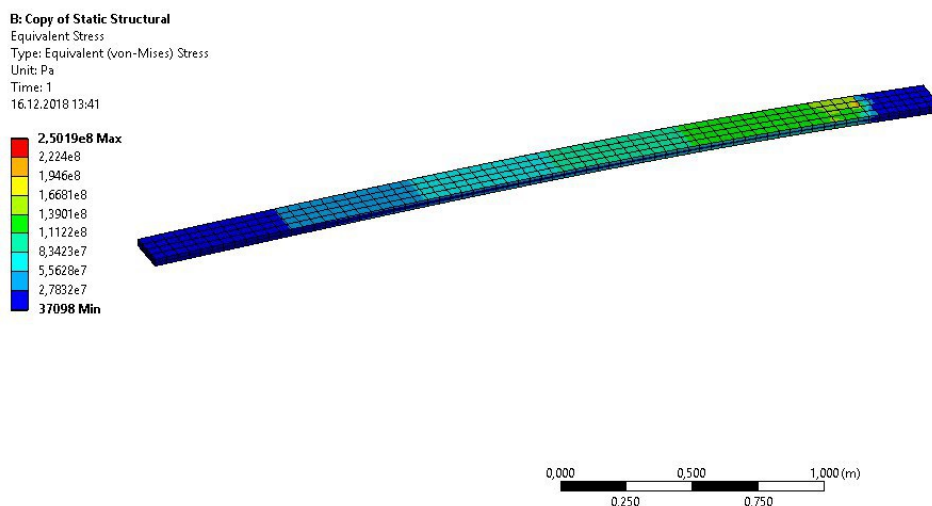


Рисунок 2.9 Еквівалентні напруження стрижня прямокутної форми

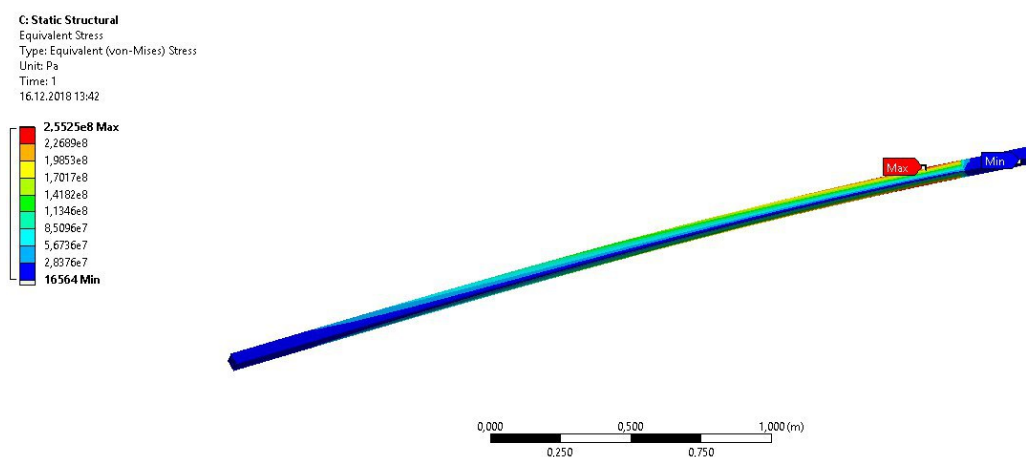


Рисунок 2.10 Еквівалентні напруження стрижня ромбічної форми

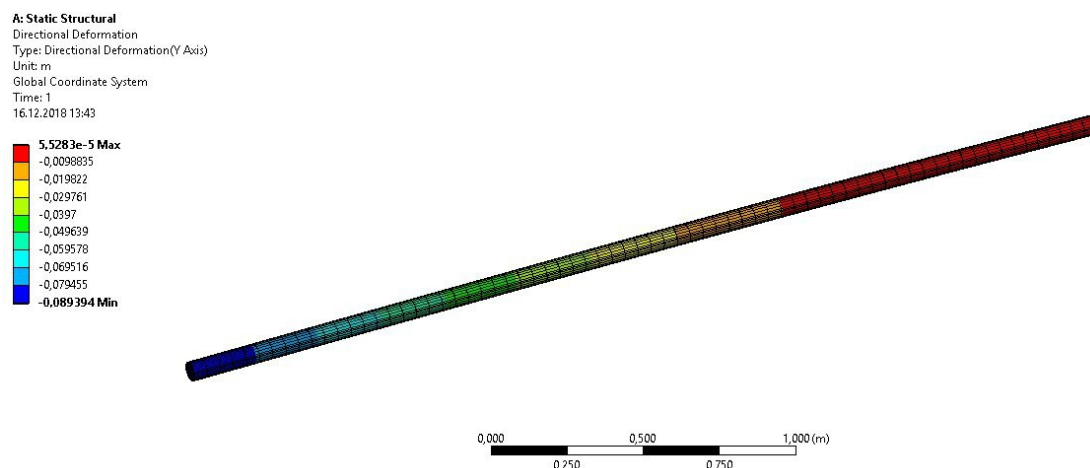


Рисунок 2.11 Деформація вздовж осі Y для циліндричного стрижня

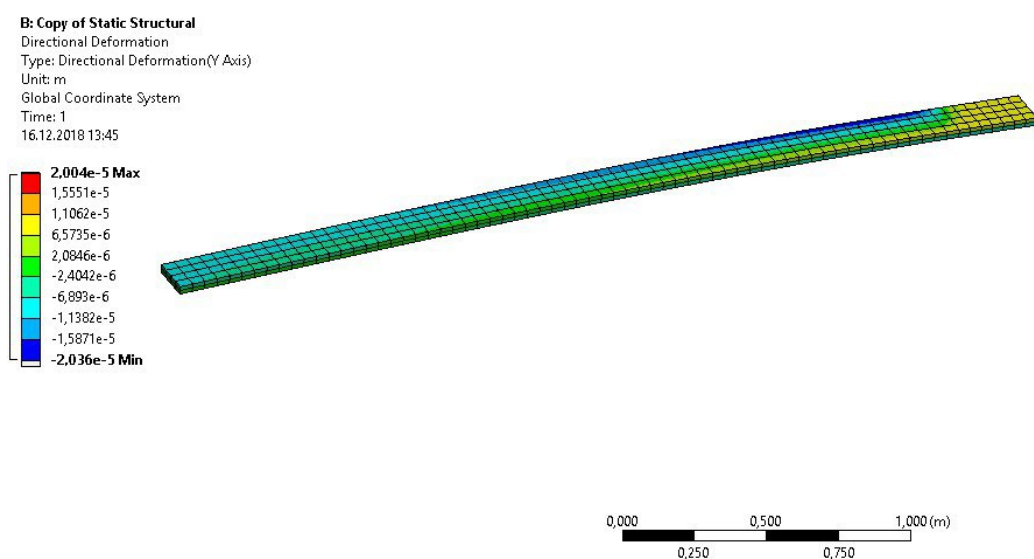


Рисунок 2.12 Деформація вздовж осі Y для прямокутного стрижня

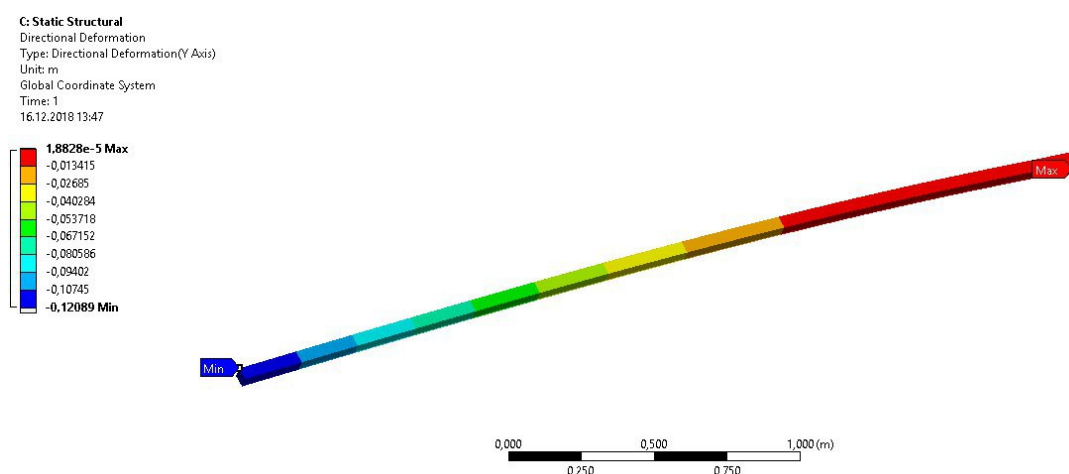


Рисунок 2.13 Деформація вздовж осі Y для ромбічного стрижня

A: Static Structural  
Safety Factor  
Type: Safety Factor  
Time: 1  
16.12.2018 13:43

15 Max  
10  
5  
1,062 Min  
0

1, 0

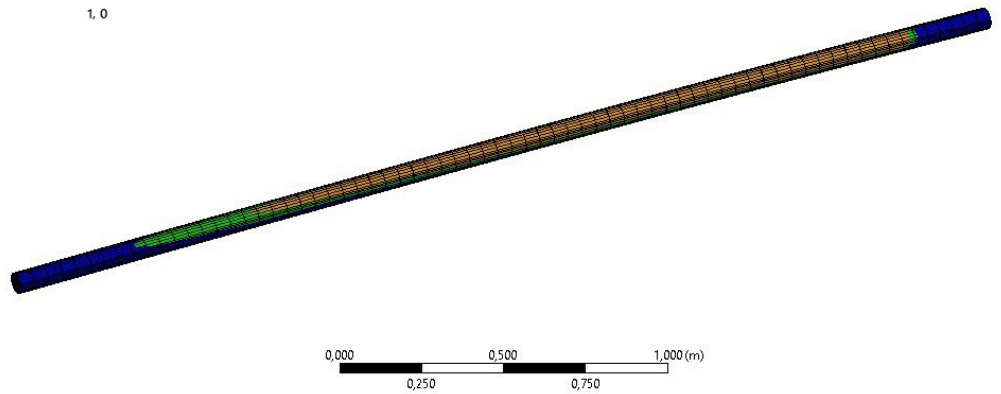


Рисунок 2.14 Запас міцності стрижня циліндричної форми

B: Copy of Static Structural  
Safety Factor  
Type: Safety Factor  
Time: 1  
16.12.2018 13:46

15 Max  
10  
5  
0,99922 Min  
0

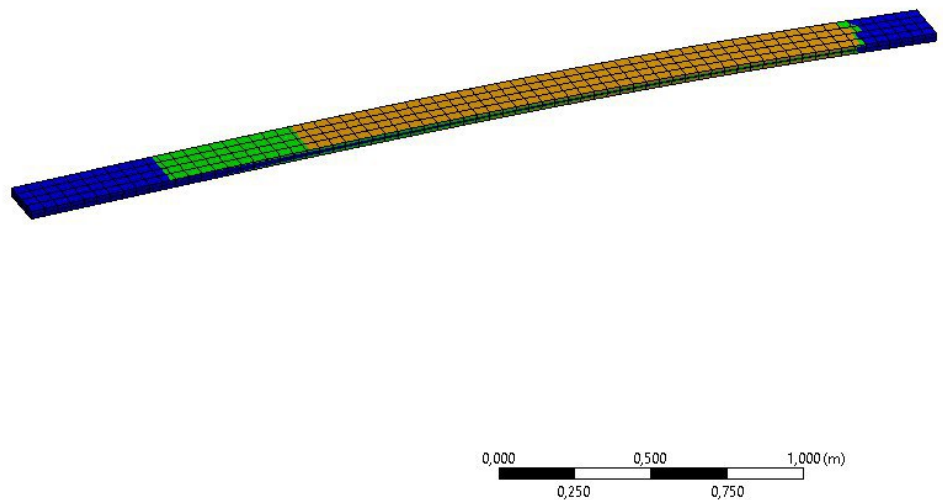


Рисунок 2.15 Запас міцності стрижня прямокутної форми

C: Static Structural  
Safety Factor  
Type: Safety Factor  
Time: 1  
16.12.2018 13:47

15 Max  
10  
5  
0,97942 Min  
0

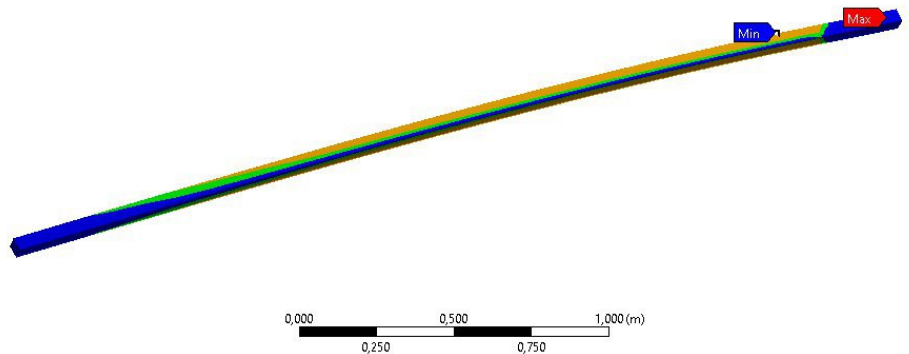


Рисунок 2.16 Запас міцності стрижня ромбічної форми



Отримані результати показують, що максимальне навантаження яке може витримати стрижень циліндричної форми – 1730 Н, стрижень прямокутної форми – 1110 Н, стрижень ромбічної форми – 1000 Н.

З точки зору якості усунення склепінь найбільш підходящим є стрижень ромбічної форми. Але після проведення розрахунків на міцність зрозуміло, що стрижень з циліндричною формою перерізу здатний витримати більше навантаження (рис. 2.5), в моделі менші деформації вздовж осі Y (рис.2.11) та виконується запас міцності (рис. 2.14)

Отже, врахувавши проведені розрахунки, для модернізації було обрано стрижень з циліндричною формою перерізу.

## 2.2 Параметричні розрахунки шнекового живильника на мові програмування Fortran

Метою являється виконати параметричний розрахунок шнекового живильника на алгоритмічній мові Fortran, щоб виявити залежність зовнішнього діаметра шнека  $d$  від продуктивності живильника  $P_v$  та частоти обертання шнека  $n$ .

Вихідні дані: коефіцієнт заповнення жолоба  $\varphi = 0,7$ ; частота обертання шнека  $n = 0,5 - 1,5$  об/с; продуктивність  $P_v = 7500 - 15000$  кг/год;

Прораховуємо зовнішній діаметр шнеку  $d$  на алгоритмічній мові Fortran при зміні частоти обертання від  $n = 0,5$  об/с до  $n = 1,5$  об/с, та зміні продуктивності з 7500 кг/год до 15000 кг/год.

Текст програми, схема алгоритму, таблицю ідентифікаторів, графік залежності зовнішнього діаметра шнеку від продуктивності та частоти обертання наведено у Додатку Г.

Висновки за результатами розрахунків:

В результаті аналізу отриманої залежності (рис Г.1) робимо висновок що при  $n_1 = 0,5 \text{ c}^{-1}$ ,  $n_2 = 1 \text{ c}^{-1}$ ,  $n_3 = 1,5 \text{ c}^{-1}$  для  $P_v = 14000$  кг/год зовнішній діаметр шнека буде складати 220 мм, 175 мм і 150 мм, відповідно.

## **ВИСНОВКИ**

В цьому розділі були проведені розрахунки на міцність, кінематичні та параметричні, теплові та розрахунки що підтверджують працездатність модернізованої машини за допомогою програми Ansys, та параметричні розрахунки за допомогою мови програмування Fortran.

Проаналізовано технічні параметри і характеристики базового обладнання.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины. – М.: «Машиностроение», 1983. – 490 с
2. А.В. Кузьмин, Ф.Л. Марон Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин. – Минск: «Вышэйшая школа», 1983. – 350 с.
3. Методичні матеріали по курсу: Деталі машин – вибір електродвигуна. КПІ, каф. ХПСМ, 1998. – 32 с.
4. Полимерный бум - Путеводитель по полимерным технологиям и оборудованию.